

1996年5月22日大分県玖珠町・九重町で 深夜発生したダウンバースト

花宮 廣務*・松浦 健次*・岩本 博之*

要旨

1996年5月22日02時過ぎ、大分県西部の玖珠町・九重町の狭い範囲で突風が吹き、住家の一部損壊129棟等の被害が6か所で発生した。

被災直後の現地調査では、一部で発散性気流によるとみられる被害形状の他、一定方向に指向性をもった被害痕跡が認められた。

この突風は、テイパリングクラウド域内で発達した積乱雲群が通過する際に発生したもので、積乱雲群に対応して大きさが約40 kmのメソ擾乱が解析された。

この突風を、被害の形状や気象解析の結果、積乱雲の下で地上付近に破壊的な風の吹き出しを起す強い下降気流であるダウンバーストと結論づけた。

今回のダウンバーストは、これまでほとんど報告例のない深夜・山間部で発生した事例であった。

今事例から、テイパリングクラウドを伴うような活発な対流活動を引き起すメソ擾乱が存在し、大気中層に乾燥域が存在するような場合、深夜においてもダウンバーストが発生することが示された。

1. はじめに

ダウンバーストとは、積乱雲の中で水滴が蒸発することなどにより周囲よりも密度が大きくなった冷たい重い空気が、強い下降気流となって地面に衝突し爆発的に吹き出す破壊的な発散性の強風である。

ダウンバーストは、ごく短時間に、限られた地域に生じる現象であって通常の気象観測網では捉えることがほとんど不可能な現象である。

しかし、この現象は離着陸時の航空機にとっては極めて危険な状況を作り出し、航空機事故の原因となることから、日本では空港付近で発生した事例について比較的多く解析されている。例えば、富山空港での事例について中山・伊関(1985)、東京国際空港、大阪国際空港での事例については岩下(1992, 1995)による解析がある。また、空港付近以外で発生した事例につ

いては岡山市での事例が光田・林(1992)や佐橋ほか(1993)によって、茨城県下館市での事例について中村(1996)により解析されている。

大野ほか(1996)は、これらの報告を基に1981年～1994年の13年間に日本で確認された25件75個のダウンバーストの実態についてデータベース化を図った。この報告によると、深夜に発生したものは1件のみで、水平スケールの見積もりは行われてない。

1996年5月22日02時(以後、時刻はすべて日本時)過ぎ大分県玖珠町と九重町の狭い範囲で突風が吹き、住家の半壊2棟・一部損壊127棟等の被害が発生した。

大分地方気象台では、現象発生当日現地に赴き、被害の概要の把握、飛散物や倒木などから風向・風速の推定ならびに聞き取り調査を実施した。

さらに、大分県西部を中心とした気象資料を収集し、突風をもたらした気象要因について解析を行った。

これらを基に考察を行った結果、この被害をもたらした突風をダウンバーストと結論づけた。

このダウンバーストは、これまでほとんど報告例のない深夜に発生していること、また、山を越えた風下

* 大分地方気象台。

—1997年4月4日受領—

—1998年3月23日受理—

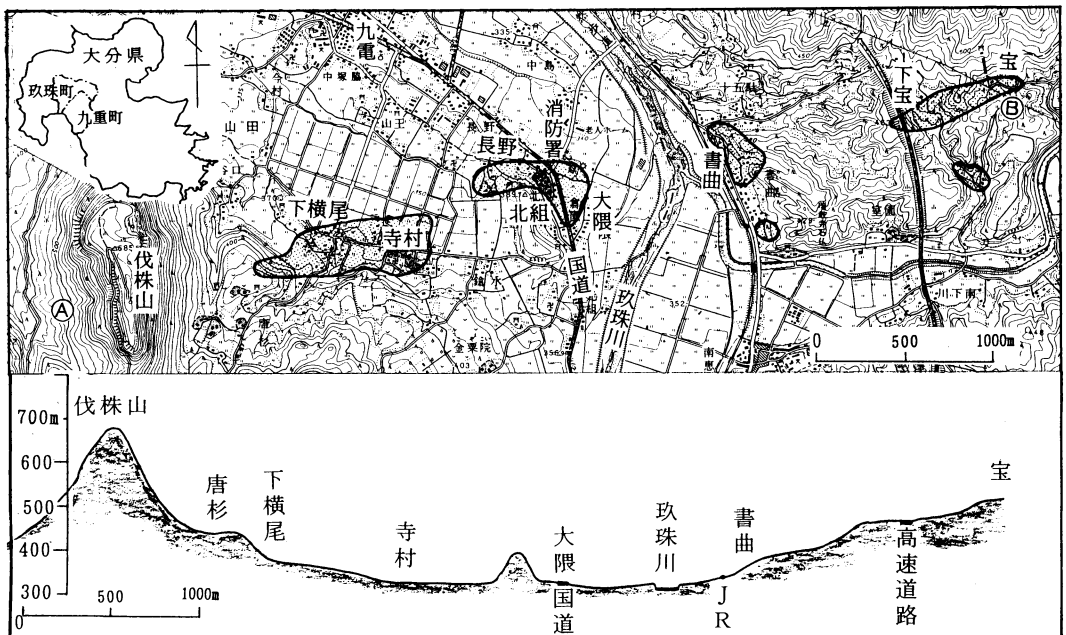
第1表 町別被害状況 (玖珠・九重町調べ).

		玖 珠 町	九 重 町
住 家	全壊	—	—
	半壊	1戸	1戸
	一部	107戸	20戸
	計	108戸	21戸
非 住 家	全壊	4戸	—
	半壊	1戸	15戸
	一部	—	—
	計	5戸	15戸
農業被害		6 ha (500万円)	—
車両被害		10輛	—

第2表 集落別の被害状況 (玖珠・九重町調べ).

		自治区	全戸数	被害戸数	被害率
玖 珠 町	下横尾	26戸	26戸	19戸	73 (%)
	寺 村	48	48	27	56
	倉 園	46	46	13	28
	長野上	83	83	6	7
	北 組	45	45	11	24
	計	248戸	248戸	76戸	31 (%)
九 重 町	自治区	全戸数	被害戸数	被害率	
	書 曲	100戸	19戸	19 (%)	
	下 宝	7	3	47	
	宝	15	3	20	
計	122戸	25戸	21 (%)		

※この他にも軽微な被害があったがこれらを除く.



第1図 ダウンバースト被災域 (上段) と同東西断面図 (下段). 被災域: 網掛け部分.

側で発生したこと, ダウンバースト発生時の積乱雲群は, 最盛期を過ぎ弱まる傾向にあったことなどの特徴が認められた.

以下, 被害実態ならびに深夜にダウンバーストを発生させた気象要因について考察を交え報告する.

2. 被害発生時の状況と被害概要

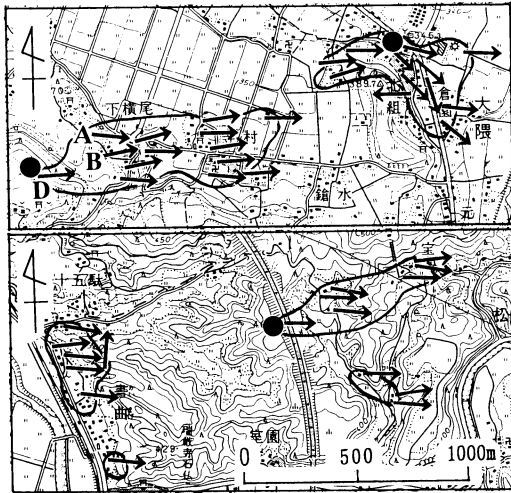
気象台及び玖珠・九重両町の調査に大分県警察が撮影した航空写真を基に作成した被災域図と同東西断面図を第1図に, 各被災域における突風の推定風向を第

2図に示した.

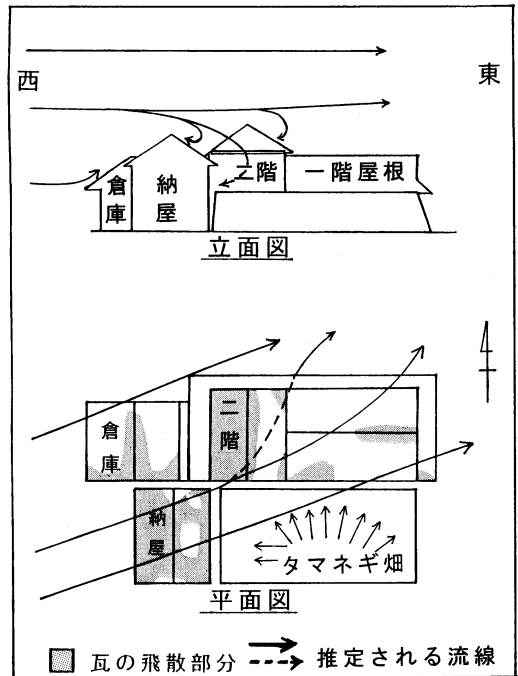
被害は, 第1図に示すように伐株山(685.5m)を越えた風下側で発生した. 西は伐株山東斜面の玖珠町下横尾から, 東は玖珠川を越えて九重町宝に至る約4500mの間で, ほぼ東西方向に並ぶように6か所(8集落)で被害が認められた.

被災域の最大は下横尾・寺村地区で東西約1000m, 南北約300mに及び, もっとも狭い被災域は書曲地区の東西・南北方向とも約50mの範囲であった.

各々の被災域の間には水田があり, 水田は作付け前



第2図 各被災域における突風の推定風向。
 上段：下横尾・寺村，大隈地区。
 下段：書曲，宝地区 ●：倒木発生地点。



第3図 B住宅の被害状況と推定される風の流線。

であったため、水田地帯で「突風」発生の有無を確認することはできなかった。

「突風」発生時の状況は聞き取り調査を総合すると、深夜でほとんどの人が就寝中であったためあまり正確ではないが、「突風」はほぼ西風で、発生時刻はおおよそ2時過ぎとする証言が多かった。

その中で西端の被災域下横尾・寺村地区では02時10分～20分頃に、西端から2番目の被災域大隈地区では05分～10分頃に「突風」が吹いたとする証言があった。中でも大隈地区にある消防署の当直は、05分過ぎに同署の窓ガラスが割れたとの証言をしている。また、この大隈地区では「突風」が2度吹いたとの証言もあった。一方、玖珠川を渡った書曲地区では15分～18分頃に吹いたとの証言が得られた。このような証言から「突風」は02時05分頃～20分頃の間には発生したと考えられる。その他、「突風」の吹いた時間は3～10分間位と短かく、雷は鳴っていたが雷鳴は弱く、「突風」直後に強雨が降ったとの証言があった。この突風直後に強雨が降ったとする証言と同様の現象は、「突風」発生約30分前に被災域の西約20 kmの日田市でも観測されている。

玖珠町・九重町役場調べの被害状況を第1表、第2表に示した。また、詳細な被害状況について付録に記載した。

今回の「突風」に伴う被害の特徴は、発生時刻が深夜で屋外での人の活動がない時間帯であったため人的

被害はなく、建物被害(瓦の飛散、窓ガラスの破損等)が主であったことである。その他、直径30～40 cmの樹木の折損が下横尾・大隈・下宝の3カ所で認められ、大隈地区では駐車中の普通ワゴン車が15 mほど「突風」にあおられ移動し小川に突っ込んだ。また、九州電力(株)の調べでは同被災域内で「引き込み線(電線)」の切断15件があった。

特に、集落の73%、56%の建物が被害を受けた下横尾、寺村の状況を第2図上段に見ると、被害は伐株山東斜面(標高400 m)のD地点から始まっている。同地点では、半径約20 mの範囲で直径約35 cmの杉6本が根本から折れ、銀杏の大木も幹の中程(直径約40 cm)から折損していずれも東の方向に倒れていた。

また、Aで示される下横尾公民館(木造・非住家)は全壊し、次いで被害の大きかったB住宅は、住居部分は半壊、倉庫・納屋が一部破損した。

B住宅の配置図に被害状況と推定された風の流線を模式化して第3図に示した。図に示すように倉庫・納屋は、西側半分の「屋根瓦」が西から東方向に吹き飛ばか、または箒で掃き寄せたようにして吹き寄せられていた。一方、棟を境にして東側では巻き返し風の東から西方向へ瓦が吹き寄せられていた。また、納屋の東側に作られた畑では、建物の影響で風が複雑に

舞ったことを示すようにタマネギがやや放射状に倒れていた。特に、納屋の横ではタマネギが西向きに倒れており、西南西の風が逆流を起こしたものと推測された。住居部分では一階南側の窓ガラスが飛散物で破れると同時に、北側の玄関に向かって「突風」が吹き抜けたため、就寝中の成人男性が布団ごと2つの部屋の間を、距離にして約9m程吹き飛ばされた。

下横尾、寺村での被災家屋に共通した状況は、南北方向の「棟瓦」がほとんど東方向に吹き飛ばされている点で、これは西南西ないし西の「突風」を直角に受けて飛ばされたものと推定された。

3. ダウンバーストの特定と風速の見積もり

「突風」による被災域の状況は、竜巻による収束性の被害痕跡や瓦などの重量物が舞い上がったような痕跡は認められず、第2図に示すように大隈地区の一部で発散性気流によるとみられる被害痕跡が、その他の地域ではほぼ一様に西成分の気流による被害痕跡が認められた。

この「突風」は谷筋（玖珠川）を横切る方向に吹いており地形効果による収束性の強風とは考えにくい。被害状況から「突風」の風速をFujitaスケール（以後Fスケール）を用いて見積もった。

このFスケールは本来竜巻被害から竜巻の風速を見積もるのに用いるものであるが、ダウンバーストの場合にも広く用いられていることから使用した。FスケールはF0～F5の6階級で表され、Fスケールの詳細は付録に示した。

前述の被害状況をFスケールに対応させると被害域のほぼ全域でF1（33～49 m/s：約10秒間の平均風速）相当の風が、また、下横尾集落の極狭い範囲では木造の公民館が全壊するなどの被害を生じていることからF2（50～69 m/s：約7秒間の平均風速）に近い風が吹いたものと推定できた。

推定風速と被災域の規模から大野ほか（1996）がダウンバーストの発生を確認する際に設けた基準「積雲または積乱雲下で、地面または地面付近に風の吹き出しがあり、吹き出しによる突風の最大風速は10 m/sを超え、最大風速時の吹き出しの水平スケールが15 km以内である」に合致していること、また、雷雨を伴っていたことから、ウェット・ダウンバーストと特定した。

第1図に示すように、被災域は細かく見ると6か所に分かれる。各々の被災域間には作付け前の田圃が広

がるなどして「突風」発生の有無を確認できなかったこともあって、これらの被害が1つ、あるいは複数のダウンバーストによって生じたものかは特定できない。

しかし、聞き取り調査では不確定要素も多いが、「突風」の吹いた時刻は大隈地区が最も早く、また同地区北組では、東成分を持つ風によって非住家の屋根が吹き飛ばなど一部発散性気流による痕跡を示しているのに対し、他の地域の被害痕跡はほぼ一様に東を指向しているなど違いが認められた。また、同地区では「突風」が2度吹いたとの証言もあったことなどを考慮すると、先ず大隈地区でダウンバーストが発生し、その後、若干時間をおいて西端の被災域下横尾で2つ目のダウンバーストが発生し、下横尾から宝地区まで東方向へ指向性を持った強風が東西約4500 m、南北約300～800 mに帯状に広がって吹いたとも推定できる。

下横尾、大隈のダウンバースト発生地点と思われる場所では、樹木の折損がみられるなど周辺部よりも一段と強い突風が吹いたことがうかがわれた。

また、東端の被災域下宝地区でも樹木の折損があったことから、下宝での「突風」も下横尾で発生したものと別々のダウンバーストであった可能性も考えられる。

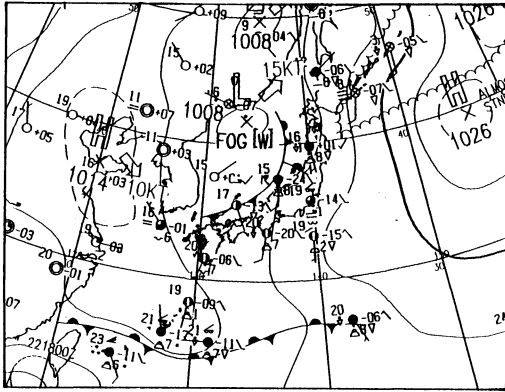
今事例もこれまでの多くの報告事例同様に、ほぼ同時に複数のダウンバーストが発生した可能性が高い。

4. 総観場の概観と安定度

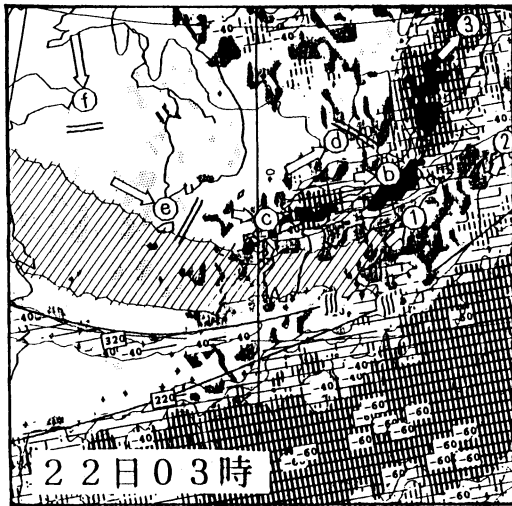
この章では、どのような総観場でダウンバーストが発生したのか、地上・高層の各天気図解析ならびに高層鉛直断面解析、大気の安定度について検証を行った。

まず総観場を地上天気図で見ると、21日21時（図省略）には、日本海西部に低気圧があって北東に進み、22日03時（第4図）には日本海中部に達して、寒冷前線が山陰沖にかけて伸び南東進中であった。

雲解析情報図では、22日00時（図省略）に、九州北部から広島、兵庫、能登半島にかけて活発なCbラインが認められた。このCbライン西端の五島列島近海ではシビヤーな気象現象を引き起こすとされるCb clusterのうち毛筆状の形状をした積乱雲域（Tapering cloud 以下TC）が発生し、寒冷前線に対応する形で03時（第5図）には九州北部を東南東進した。また、同時刻には上・中層の乾燥域に対応する暗域の北縁が南九州から九州中部へ北上した。



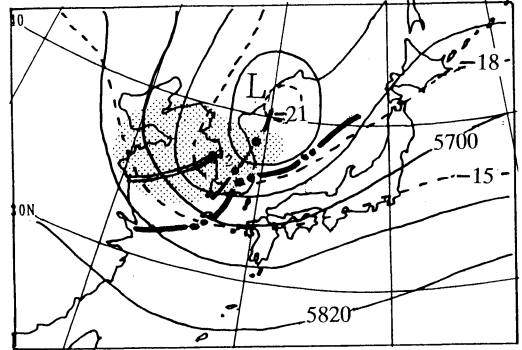
第4図 地上天気図 (1996年5月22日03時).



第5図 雲解析情報図 (1996年5月22日03時).
 (a), (c): ティパリングクラウド化したCb
 ライン, 二重線: 寒冷渦を回るショート
 トラフ, 斜線部分: 衛星画像の暗域.

300 hPa のジェット気流解析では, 21日21時に500 hPa の寒気渦をまわる北方系と南方系の寒帯前線ジェット気流が東経120度付近の黄海で接近し, その東の済州島から九州付近は接近した両ジェット気流が離反する場にあたり, 上層では発散場, 中・下層では700 hPa で強い上昇流, 500 hPa で強い正渦の移流場となっており収束場を形成していた.

また, 第6図に示すように, 500 hPa で -21°C の寒気核をもつ寒気渦が日本海西部でほぼ停滞し, この寒気核をまわる形で500 hPa の谷の後面に, サーマルトラフが解析された. 一方, 850 hPa では中国東北区から南東進してきた低相当温位塊 ($\theta_e \leq 305 \text{ K}$) が黄海から朝



第6図 500 hPa・850 hPa 解析 (1996年5月21日21時). 500 hPa 解析は, 実線: 等温線, 破線: 等温線, 一点鎖線: トラフ, 二重線: サーマルトラフ, 850 hPa 解析は, 網掛け部分: $\theta_e \leq 305 \text{ K}$, 二点鎖線: シャーライン.

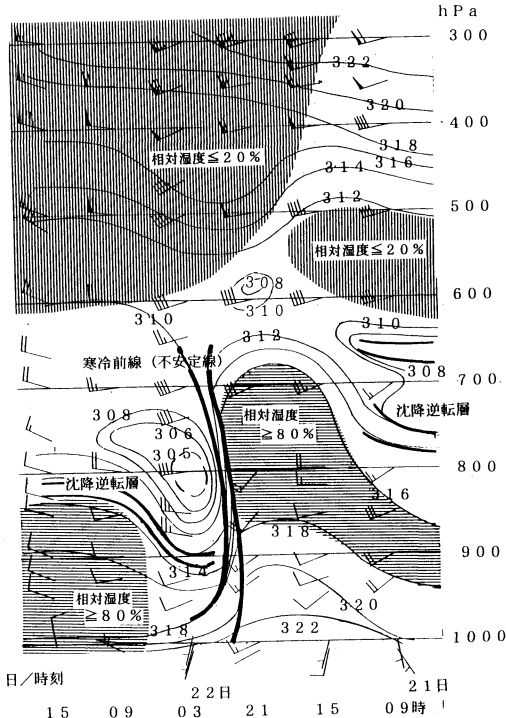
鮮半島に達し, 前面をシャーラインが朝鮮半島南部から済州島を通り南西へ伸びていた. このシャーラインは850 hPa で相当温位 (以下, θ_e) $315 \sim 318 \text{ K}$ の集中帯にあたり, θ_e (500 hPa) $-\theta_e$ (850 hPa) から求められた -2 K の下層不安定域に対応していた. これらの位相は, 21日深夜から22日早朝にかけて南東進して九州北部を通過した.

福岡の高層鉛直断面解析¹⁾を21日09時~22日15時について行い第7図に示した. 図に示されるように, 21日午後は夜半前にかけて700 hPa より下層で $316 \sim 322 \text{ K}$ の暖湿気移流が続いた. その後, 21日夜半頃から22日の明け方にかけて, 中国東北区から南東進して来た 305 K の低相当温位塊が800 hPa の高度まで沈降し, この前面で寒冷前線タイプの逆転層が通過した.

21日09時で $623 \sim 500 \text{ hPa}$ 間では湿度20%以下の乾燥域が認められた. 21時以降は20%以下の乾燥域が600 hPa より上層まで拡大している. これは前述した南九州から北上して来た暗域に対応したものと考えられる. この乾燥域の空気が次節で述べる積乱雲群に取り込まれ, 降水粒子の蒸発を引き起こし, ダウンバースト発生に関係する冷気を生成したと考えられる.

次に, ダウンバーストをもたらし親擾乱の発達に

¹⁾ 03時の高層観測は風のみで温位等が得られないため, 03時のRSM予測資料を実況値と同様に扱って解析に用いた. 21日09時初期値の24時間RSM予想値と実況を検証したところ対応がほぼ良好であった.

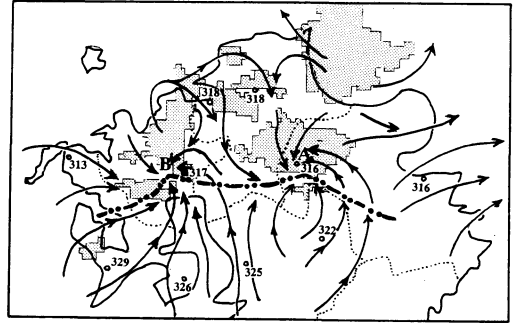


第7図 福岡高層鉛直断面解析 (21日09時～22日15時). 細線: 等相当温位線, 大線: 寒冷前線による逆転層及び沈降逆転層, 数字: θ_e (K), 縦線域: 乾燥域 ($\leq 20\%$), 横線域: 湿潤域 ($\geq 80\%$), 風速: 短矢羽, 5 kt/s 長矢羽, 10 kt/s ペナント, 50 kt/s.

かかわる成層不安定度を見るために, 対流有効位置エネルギーを示す CAPE を求めた. 今事例では地上から 100 hPa までの間について, 全ての層の気塊を 100 hPa まで持ち上げて CAPE 値を求め, その最大値をとった. 21日21時, 福岡の CAPE 値は 967.9 Jkg^{-1} となった.

CAPE 値が 1000 Jkg^{-1} を超えると積乱雲が発達しやすいとされているが, 今回の CAPE 値は 1000 Jkg^{-1} 以下であった. これは, 現象の発生時刻と計算時刻にずれがあり, また, 現象発生地点と計算地点に距離的な隔たりもあって, この CAPE 値が現象を発生させた積乱雲とその周囲の気象条件を代表したパラメータ値であったかについては若干の問題を含んでいる.

Atkins and Wakimoto (1991) は, θ_e の地上付近の最大値と上層にある最小値の差 ($\Delta\theta_e$) が 20 K 以上だと米国ではダウンバーストの発生する可能性が高いと報



第8図 レーダーエコーと流線解析 (22日02時00分). 実線: 流線, 二点鎖線: シャーライン, 丸印: 気象官署, 数字: θ_e (気象官署の値), 網掛け部分: エコー強度 $\geq 4 \text{ mm/h}$ のエリア.

告している. 21日21時, 福岡の θ_e は地上で 323 K, 583 hPa で 307 K と $\Delta\theta_e$ は 16 K であった.

現象発生時刻に近い22日02時では, 第8図に示されるようにシャーラインの南側で θ_e 325~329 K の移流が観測されていること, また前述した, 850 hPa で低相当温位塊 ($\theta_e \leq 305 \text{ K}$) の移流が中国東北区から九州を指向していること, RSM 予想値でも22日03時に福岡の850 hPa で 305 K が予想されていたこと等を総合すると, 現象発生時の $\Delta\theta_e$ は21時の16 K と同程度もしくはそれ以上であったと推定される.

5. 地上気象変化からみたメソ擾乱の構造

22日01・02・03時について地上の流線解析を行い, 02時についてのみ第8図に示した.

01~03時に明瞭なシャーラインが九州北部を東西に伸び, このシャーライン上の2か所でメソ擾乱を示す低気圧性の循環が認められた. 東側の循環は, 01時には佐賀県と福岡県の県境付近に, 02時には大分県西部に, 03時は別府湾に解析され, 移動速度は約50~60 km/h が見積もられた. また, これらの循環の北側にレーダーエコー強度 64 mm/h 以上のエリアを含む積乱雲群 A と B があり, このうち積乱雲群 A の通過時に玖珠・九重町でダウンバーストが発生している.

シャーラインの北側で $\theta_e = 313\sim 319 \text{ K}$ の気塊が, 南側で $324\sim 329 \text{ K}$ の暖気の流入があり. また, シャーラインの南で対流圏下層にあたる阿蘇山 (1140 m) では, 01~03時は南南西~南西の $5\sim 8 \text{ m/s}$ の風による $\theta_e = 321\sim 322 \text{ K}$ の暖気移流が持続していた.

一方, アメダス及び気象官署以外の観測データから

得られた気温について、22日01時と00時、02時と01時の気温差の分布図を第9図に示した。前述の低気圧性循環付近の南側には顕著な昇温域が、また、積乱雲群Aが通過した後は、前時間に比較して2~4℃低い寒気溜まりの形成が認められた。

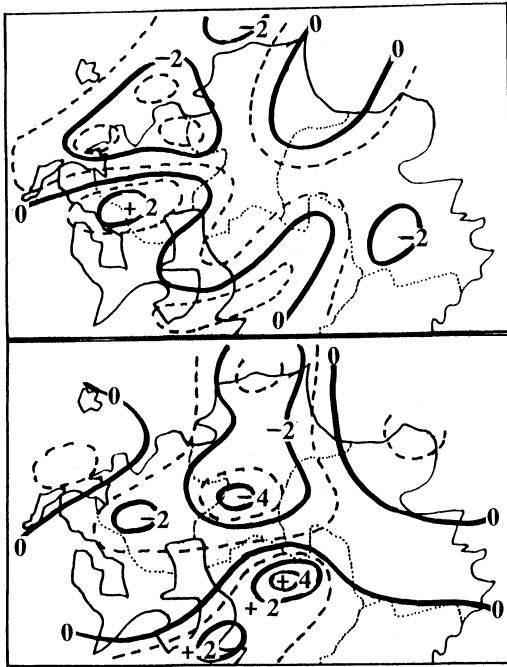
積乱雲群A通過時の日田測候所の自記紙を第10図に、積乱雲群Aについてレーダーエコー強度32 mm/h以上のエリア（以後、強エリア）の移動を第11図に示した。第10・11図で示される気象変化とエコーの移動状況から、被災域の西約20 kmに位置する日田市（測候所）をメソ擾乱（積乱雲群Aを指す）は、01時35分~02時10分にかけて通過し、エコーの移動速度から勘

案して擾乱のスケールは約40 km程度と推定された。メソ擾乱通過時の気象変化を第10図で詳細に見ると、01時30分までは気温・露点・気圧はほぼ横這い状態で、風速は2 m/s以下であった。

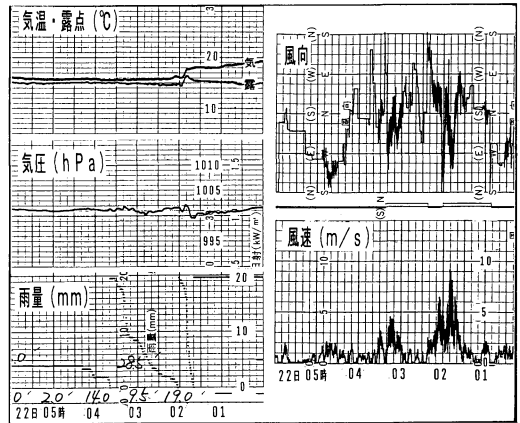
01時40分には東北東6.5 m/sの突風に伴って、気圧が1 hPa下降し、降雨強度40 mm/hを超える強雨が降り出している。これは、ちょうど強エリアの先端が測候所に掛かり始めた時間帯に対応している。

01時50分には西9.2 m/sのガストに伴って、気温・露点ともに約2℃急下降し、 θ_e も322 Kから316 Kに急激に下降している。また、気温と露点との差は2.7℃から1.2℃と小さくなり、気圧は2.3 hPa急上昇して、この時間帯を含んで57分までの10分間に16 mmの強雨を記録した。これは、前述した積乱雲群の中で生成された冷気塊が強い下降流となって吹き出したためと考えられる。

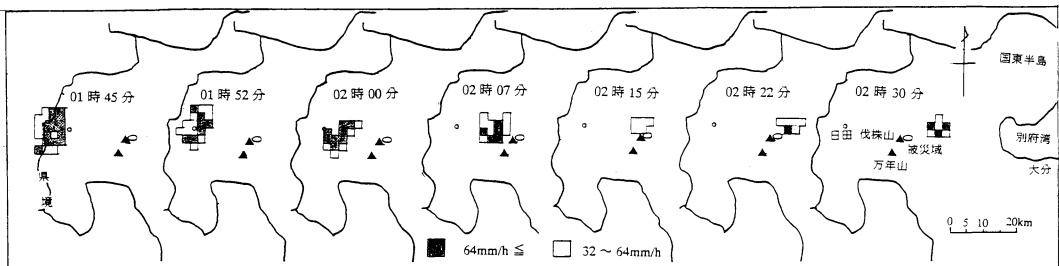
01時55分には気圧が1.1 hPa急下降し、風も3 m/sと弱まっている。この時刻は、第11図に示されるように、強エリアが日田市を通過しており、メソ擾乱のほ



第9図 気温差分布図（上段：22日01時と00時の差，下段：22日02時と01時の差）。



第10図 積乱雲群A通過時における日田測候所の自記記録の変化。



第11図 レーダーエコー強度 ≥ 32 mm/hのエコー域の移動（22日01時45分~02時30分）。

ば中心が測候所を通過した時刻と推定される。

その後、02時05分には西南西6.5 m/sのガストを記録している。このガストも下降気流に伴うものと考えられるが、この時点では、既に地上付近は吹き出した冷気に覆われていたため気圧の上昇は観測されなかったと考えられる。

02時10分以降、シャーラインの北側には擾乱通過前の気温に比べ約2～3℃低い地上寒気溜まりが形成され、次の擾乱(積乱雲群B)通過時の03時10分頃まで、10分間に1～2 mmの降水はあるが風も2 m/s以下で気温・露点・気圧はほぼ安定している。

このように、深夜ダウンバーストを発生させた親擾乱のシステムは、昼間に発生する雷雨システムと比較して特異な相違点はなく、昼間の雷雨システムと同じシステムを持ったものであった。

メソ擾乱が通過した日田市から玖珠・九重の被災域に至る間に大分県が設置している、三日月(日田市大字肥)、上宮山(同大字小野)、尾当(同大字有田)、朝見(玖珠町戸畑)、高橋(同大字岩室)の観測所で、各々10分間に5～15 mmの強雨が観測された。

一方、メソ擾乱が被災域を通過した時間帯に、被災域(大隈地区)から北に約500 m離れた、九州電力玖珠営業所の気象計(30分間隔でデータ収録)は、02時00分～30分の間に1 hPaの気圧の上昇、1℃の気温の下降、17.1 m/sの最大瞬間風速(風向の記録はなし)を記録していた。これはダウンバーストに伴う一連の現象の一部と推定された。

また、被災域に国道を隔てて接する玖珠地域気象観測所(消防署)では、02時00分・10分・20分に南東2～3 m/s、30分に西8 m/sの風を、02時10分～20分の間に1 mmの降水を記録しているのみで、ダウンバーストの発生を示す特異な数値は見い出せなかった。これは、アメダスの時間分解能が約10分であること、また、ダウンバーストが局地性の強い現象であることから観測網にかかり難いことを示している。

被害の指向性について見ると、ダウンバーストによる強風域は、それを発生させる積乱雲の移動がなければ放射状に広がり、被害の形状も放射状になると考えられる。今事例では、第1図に示されるように大隈地区の一部を除き被害形状は、放射状でなくほぼ東方向への指向性をもって広がった。

このことは、ダウンバースト発生時の積乱雲群Aが約50 km/h(14 m/s)で東南東に移動していたため、この積乱雲群Aを構成する対流セルからの下降気流に

よって放射状に生じた突風に対流セルの移動速度が合成され西成分の風速は強められ、一方、東成分の風は、移動速度と相殺され弱められたためと考えられる。

一方、大隈地区では他の地区と異なり発散性気流による被害痕跡が認められている。これは、下横尾や寺村等に被害を与えた対流セルとは移動速度や吹き出しの風速が異なる別の対流セルによって被害がもたらされたと推定される。

6. ダウンバーストを発生させたレーダーエコーの振る舞い

南部福岡レーダー合成図(福岡・広島・種子島合成)で積乱雲群Aの動きを見ると、マルチセル型ストームによく見られるような動きである対流圏中層の一般場の風向より右にずれて動く傾向を示し東南東に進んだ。

向野ほか(1996)の報告によると、積乱雲群Aが福岡県久留米市から同浮羽町の筑紫平野を通過した22日01時頃～02時前にかけて降雹が観測されている。

強エリアの状況から見ると、積乱雲群Aが最も発達した時間帯は降雹が観測された01時15分～01時45分頃であったと思われる。その後、エリア・強度共に次第に弱まる傾向にあった。

前述の第11図で強エリアの変化を追うと、22日01時45分、強エリアは南北幅約18 km、東西幅約5 kmの広がりをもっていった。02時00分のエコー頂高度は8～10 kmあり、南北幅を約12 kmと若干狭めながら日田市を通過した。07分に強エリアの東端は被災域にかかり始め、15分～22分の間で被災域を通過した。

被災域を通過する直前の02時15分に64 mm/h以上のエリアは一端認められなくなり、22分・30分に再び64 mm/h以上のエリアが認められた。

石原・田畑(1996)は、レーダーエコーの強い部分(以後、降水コア)の降下とダウンバーストの発生について解析を行い、ダウンバースト発生約20分前に降水コアが高度3.5 km付近に現れ、その後次第に降下し、ほぼ地表付近に達したときダウンバーストの発生が確認されたと報告している。

合成レーダーでは、高度約2000 mを中心とするエコー強度が得られるように設定されている。しかし、等ビーム高度2000 m以上となる遠距離の領域については、2000 mより高高度で得られた最も強いエコー強度をその領域のエコー強度としている。

被災域は各レーダーサイトから見て等ビーム高度

2000 m以上の領域に位置する。このことから、被災域近傍で認められた降水コア(今事例では64 mm/h以上のエリア)の高度は2000 m以上であったと判断される。ダウンバースト発生時と思われる時間帯の02時15分に降水コアが認められなくなったのは、石原・田畑(1996)の解析例と同様に、降水コアがほぼ地上付近に降下したことにより、レーダーで降水コアを捕捉することができなくなったためと推定される。

被災域を通過後、再び64 mm/h以上のエリアが狭い範囲で認められた。これは、九州山地の地形が南西の暖湿気移流の上昇¹²を加速させる方向に働き再び積乱雲群の発達が進められたことがうかがわれた。

7. 考察

大野ほか(1996)によってデータベース化された日本での25件75個のダウンバーストの発生時間帯は、11時～21時にかけて発生し、14時～15時に発生頻度が最大になっている。これは、日変化として地面加熱がすみ下層大気の安定度が減ることが、ダウンバースト発生に寄与する要因の一つであると大野ほか(1996)は推定している。また、山間部での発生は、前述の25件75個の事例中、福島県館岩村と栃木県今市市・藤原町の2件4個と少ない。

今回のダウンバーストは、深夜・山間部で発生した報告例の少ない事例である。

今事例は地面加熱を要因とせず、 $\Delta\theta_e$ が20 Kに近い数値が推定される不安定場の中で、暖湿気流の流入が持続し、雹を伴うような活発な対流活動を引き起こすメソ擾乱の存在と、冷氣塊の成因にかかる大気中層の乾燥域が認められた。このような条件が整えば深夜でもダウンバーストが発生することが示唆された。

また、山間部での発生事例数が少ないのは、平野部に比べて調査が行われていないことが大きな要因であると思われる。

8. 結論

1996年5月22日02時過ぎ、玖珠・九重町で被害をもたらした突風は雷雨下のウェット・ダウンバーストであった。

突風の風速はFスケールでF1相当、極狭い範囲で

はF2に近い風が吹いたと推定できた。

これまでの多くの報告事例と同じように、複数のダウンバーストが発生した可能性が考えられる。

今事例において、地上付近と上層の相当温位の差は米国でダウンバーストが発生するとされる20 K以上にほぼ近い値が推定された。このように活発な対流活動をもたらすテイパリングクラウドを伴ったメソ擾乱が存在し、大気中層に乾燥域の存在するような場合、深夜でもダウンバーストの発生することが示唆された。

謝 辞

本報告をまとめるにあたり、藤谷徳之助氏(前福岡管区気象台)、大野久雄氏(気象庁国際室)ならびにレフリーの皆様方から種々有益な助言と励ましを、また、玖珠・九重町役場をはじめとする関係機関からは貴重な資料の提供を頂いた。その他、被災しながらも快く聞き取り調査に応じてくれた住民の方々、これらの皆様に心から謝意を表します。

また、黒良氏(松江地方気象台)からCAPEの計算ソフトを頂いたことを感謝します。

付録1 各集落の被害規模と特徴的な状況は次のとおり。

- 1) 玖珠町, 下横尾・寺村地区
 - ・規模(東西約1000 m×南北約300 m)
 - ・詳細は本文中に記載
- 2) 玖珠町, 大隈地区(北組, 倉園, 長野上)
 - ・規模(東西約600 m×南北約300 m)
 - ・北組で、駐車中の普通ワゴン車が強風にあおられて約15 m程移動し小川に突っ込む。
 - ・柿の木(ϕ 約30 cm)が折損し約10 m程東に吹き飛ぶ
 - ・大隈地区(6 ha)で葉タバコが根こそぎ倒される。
- 3) 九重町, 書曲地区
 - ・規模(東西約200 m×南北約300 m・東西約50 m×南北約50 m) 2か所
- 4) 九重町, 下宝・宝地区
 - ・規模(東西約600 m×南北約200 m・東西約150 m×南北約100 m) 2か所
 - ・下宝で、杉(ϕ 約30 cm) 8本折損し、2本が約20 m程東に吹き飛ぶ。

¹² 福岡管区気象台(1977)によると、被災域付近での地形上昇流は、南西の風向で地上風10 m/sと仮定した場合-74 hPa/hとなっている。

付録2 Fスケール：藤田(1973)の抜粋でF0～F2までを記した。

F0：17～32 m/s(約15秒間の平均風速)，煙突やテレビのアンテナがこわれる。小枝が折れ，また根の浅い木が傾くこともある。非住家がこわれるかもしれない。

F1：33～49 m/s(約10秒間の平均風速)，屋根瓦が飛び，ガラス窓は割れる。またビニールハウスの被害甚大，根の浅い木は倒れ，強い木の幹が折れたりする。走っている自動車は横風を受けると，道から吹き落とされる。

F2：50～69 m/s(約7秒間の平均風速)，住家の屋根がはぎ取られ，弱い非住家は倒壊する。大木は折れたり，またねじ切られる。自動車が吹き飛ばされ，また汽車が脱線する事がある。

参 考 文 献

- Atkins, N. T. and R. M. Wakimoto, 1991: Wet microburst activity over the Southeastern United States: Implications for forecasting. *Wea. Forecast.* 6, 470-482.
- 藤田哲也, 1973: たつまき一渦の驚異一, 上, 科学ブックス20, 共立出版, 288pp.
- 福岡管区气象台, 1977: 九州・山口県地方の地形上昇流, 解説資料, (4), 予報42.
- 石原正仁, 田畑 明, 1996: 降水コアの下降によるダウンバーストの検出, 天気, 43, 215-226.
- 岩下晴彦, 1992: 羽田で発生したダウンバースト, 天気, 39, 279-290.
- 岩下晴彦, 1995: 1988年8月24日伊丹付近で発生した2つのダウンバースト, 天気, 42, 833-842.
- 向野邦彦, 蛇島成一, 貞松秀幸, 山口和彦, 日高政嗣, 山本哲生, 1996: 1996年5月22日未明に発生した佐賀県・福岡県の「ひょう」害, 技術通信, 42, 246-264.
- 光田 寧, 林 泰一, 1992: 1991年6月27日岡山市東部で発生した陣風災害について, 京都大学防災研究所年報, (35) B-1, 161-174.
- 中村 一, 1996: 7月15日下館市周辺で発生したダウンバースト, 平成8年度気象研究所研究会誌, 59-69.
- 中山 章, 伊関次男, 1985: 1983年7月27日に富山空港で発生した microburst, 天気, 32, 328-332.
- 大野久雄, 鈴木 修, 楠 研一, 1996: 日本におけるダウンバーストの発生と実態, 天気, 43, 101-112.
- 佐橋 兼, 吉田 靖, 田中芳男, 1993: 1991年6月27日に岡山県南部で発生した強風について, 天気, 40, 769-776.

On the Midnight Downbursts at Kusu and Kokonoe, Oita, on 22 May 1996

Hiromu Hanamiya*¹, Kenji Matuura*² and Hiroyuki Iwamoto*²

*¹ (Corresponding author) Oita Local Meteorological Observatory,
Nagahama-machi, Oita, 870-0023, Japan.

*² Oita Local Meteorological Observatory.

(Received 4 April 1997; Accepted 23 March 1998)