

1983年7月27日に富山空港で発生した microburst*

中 山 章** 伊 関 次 男***

要 旨

航空気象で大きな問題となっている microburst が我国の積乱雲にも存在していることが分かった。

1. はじめに

慣性の大きい大型ジェット機が風のシャワーの中を離着陸すると、対気速度は向い風で増大、追い風で減少し、これに伴って揚力も急変するので、失速々度に近い飛行フェーズにある低層では風のシャワーは重要である。原因としては雷雨に伴うガスト前線 (Fujita, 1963) や総観規模の前線が従来、考えられていた。

1975年6月24日にイースタン航空の B-727 型機がニューヨーク、ケネディ空港で着陸に失敗した事故調査から、ガスト前線では説明し得ないスケールの小さい下降流に伴う水平発散風 (downburst または microburst*) の存在が推論され、その後、アメリカでは複数のドップラー・レーダーを用いて研究が行われ、microburst の代表的特性がかなり明らかになった。それによると、

microburst に伴う気圧急昇 (pressure nose) は 15~20 分以内 (Fujita, 1981)、発生し始めてから最盛期になるまでの時間は 5 分ぐらゐ、下降流が発散して四方に広がった時の初期の反対方向の風の和は 12 m/s、最盛期が 24 m/s、初期の吹出しの水平の大きさは 1.8 km、最も発達した時が 3.1 km (Wilson and Robert, 1983)、発生場所はガスト前線付近だったり、その後方であり、強雨の中に発生するものと雨を伴わないものとある (Fujita・Wakimoto, 1983)。

なお、プロジェクト期間中に測定された microburst の中には離着陸を不可能 (現用ジェット旅客機では 2 km

の間に 20 m/s の向かい風成分の変化があると大きな障害となる) にする大きさのものが多数ある (McCarthy et al., 1983)。しかし、microburst 発生時のゾンデ観測のないこともあって発生機構は解明されていない。

microburst が航空気象上、重視されるのは

- (i). 狭い範囲で風が急変するので揚力の急変が大きく、離着陸が危険であること
 - (ii). 現象のスケールが小さく、寿命も短く、1つの積乱雲については1回しか起こらないものが多いので、microburst の発生の目安が得られないこと
 - (iii). 強雨と結びついたものばかりでなく、エコー強度が弱いものでも発生していること
- などによる。

microburst への対処の困難さは1982年7月9日のニューオーリンズ国際空港での離陸事故に見られる (Flight Safety, 1983)。この例では離陸滑走を始める前は風にその兆候はなかったが (Low level wind shear alert system の5カ所の風速計)、離陸上昇をした直後に microburst に遭遇し、強い追い風を受けて必要な揚力が得られず墜落した。

アメリカでの1970年以降の民間航空事故のうち、風のシャワーが原因となっているものは15例ある (Laynor, 1983 の講演)。我国の航空界では、microburst が日本の積乱雲にも存在するかどうかについて強い関心を持っているので観測事実だけが報告する。

2. 1983年7月27日に富山空港に発生した microburst

2.1. 総観場と降雨の状況

27日09時までには、ごく小さい低気圧が奥羽地方の北部を横断したが、寒冷前線はこの地域では認められな

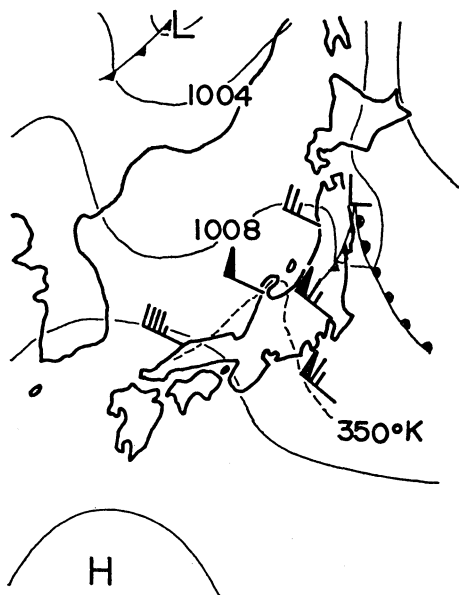
* An example of microburst at Toyama Airport on July 27 1983.

** Akira Nakayama, 防衛大学校.

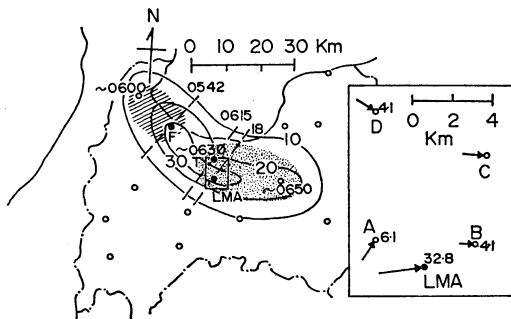
*** Tsuguo Izeki, 富山地方気象台.

—1984年9月3日受領—

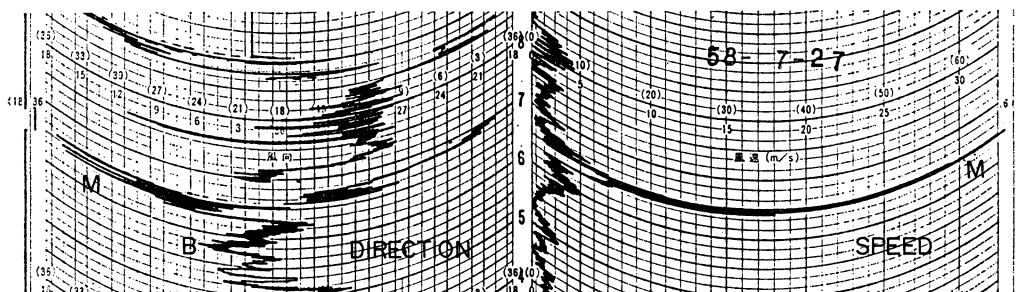
—1985年4月18日受領—



第1図 1983年7月29日09時天気図。破線は1,000 mbにおける相当温位 350°K 線、矢羽根は 300 mb の風を示す。



第2図 1983年7月27日05～07時に通過した積乱雲による雨量分布(左図)と microburst の発生地点付近の風(右図)
(左図：実線は等雨量線(10 mm ごと)、太い破線は強雨域の通過に際し降雨強度が 10 mm/h を越えた時間を、観測点の横の数字は10分毎の雨量の最大値の起時、斜線域は05～06時の雨量が 15 mm 以上の、点々域は06～07時の雨量が 20 mm 以上の地域を示す。
(右図)：観測所の横の数字は最大風速を m/s 単位で(白丸は10分間平均、黒丸は瞬間最大)、矢印はその時間の風向、LMAは富山空港出張所、Aは婦中、Bは赤田、Cは奥平、Dは具羽である。



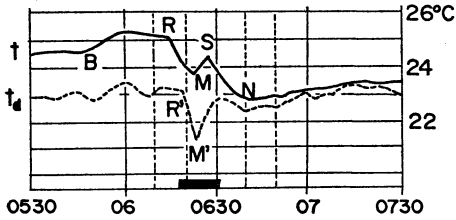
第3図 富山空港における風の記録(1983年7月27日)。

い。輪島の09時の高層観測では下層は対流不安定で、しかも 300 mb 付近では北西風が卓越し(第1図)、大きな積乱雲の発達に好条件である(Marwitz, 1972)。

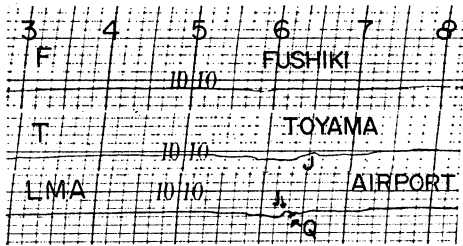
レーダー観測によれば、06時には能登半島の西の海上も含め、活潑な対流性エコーが各地にあり、富山県の北西部では特に強く雲頂は $12\sim 14\text{ km}$ である(第2図の05～06時の降雨量の最大域付近)。この積乱雲による降雨量の最大は 30 mm で、降雨強度はF(伏木測候所)、T(富山地方気象台)、LMA(富山地方気象台空港出張所)とも 100 mm/h 以上である。ただし、F、Tは降

雨強度計、LMAは10分間最大雨量 22.5 mm より換算したものである。

レーダーの連続観測はないので、雨域の移動を推定するため、F、T、LMAで雨が急に強くなり始めた時間(10 mm/h に達した時)、10分間雨量の最大の起こった時間、更に、05～06時の 15 mm/h 以上の(斜線域)、06～07時の 20 mm/h 以上の降雨域(点々域)をそれぞれ第2図に示した。1時間雨量の雨域の移動と積乱雲のセルの移動とは一致しないが、個々のエコー・セルではなく積乱雲全体の移動は降水分布の長軸の方向に沿って



第4図 富山空港における気温、露点温度の記録 (1983年7月27日). 実線は気温、破線は露点温度、最下段の黒の部分は強雨のあった時間.



第5図 気圧計の記録 (1983年7月27日). F は伏木測候所, Tは富山地方気象台, LMA は富山地方気象台富山空港出張所.

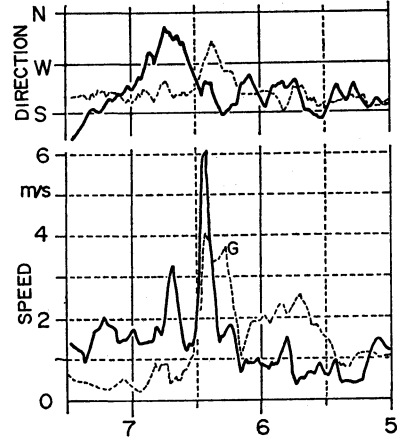
いたと考えられる.

2.2. LMA における強風の特長

LMA の最大風速は風速計の 30 m/s スケールを越え (第3図の M), 32.8 m/s までしか測定できなかった. 強風は06時25分に始まり 28~29分に最大になり 20 m/s 以上が約6分間続いた. 一方, 強雨は06時18~32分なので最大風速は強雨の終末時, つまり積乱雲の縁辺に近い所で発生している.

強風の始まる9分前の06時16分に風は $170^\circ/3 \text{ ms}^{-1}$ から $250^\circ/3 \text{ ms}^{-1}$ に急変, 気温は $1.3^\circ\text{C}/30 \text{ min}$ 急降 (第4図の R), 気圧は $0.8 \text{ mb}/10 \text{ min}$ 急昇 (第5図の LMA の J) した. この時間は強雨の始まる2分前なので降雨により形成された寒気が先行したことになり, この時間がガスト前線に対応するもので, 第3図の強風 M は発生時間の違いからガスト前線によるものではない.

気温と強風の関係では, 気温が極小 (第4図の M) になってから再び急昇した時に強風が始まっている. ただし, この抵抗温度計の時定数は平均2分20秒なので (徳植他, 1984), 実際の温度変化は第4図の記録どおりではない. しかし, 変化の始まる時間は正しいと見られる



第6図 婦中 (A), 赤田 (B) の風の記録 (1983年7月27日). 太い実線は婦中, 破線は赤田, ただし, 記録は10分間の平均値, 地点は第2図参照.

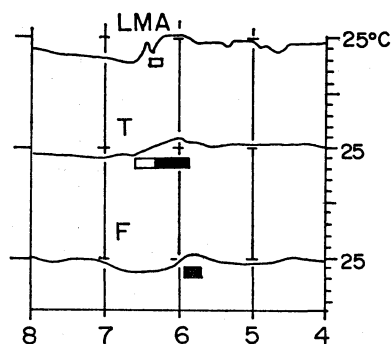
ので, 地上で強風の最大が現れる前に温度は急昇している.

興味あることは気温が急昇を始めた直後の23~24分に最大約 0.5 mb, 瞬間的に気圧が下降し, 2回変動が現れているが (第5図の LMA の Q) 強風の極大時には現れていない.

上の現象を解釈するには相当温位を知ることが必要だが, 塩化リチウム露点温度計の時定数は降下時には4分ぐらいなので (気象庁測器室), 詳しい変化の議論はできない. しかし, 強雨中に気温が下がり, その後, 降雨強度は変化しないのに (0.5 mm ほどの転倒ます式雨量計記録から見る限り) 強風の発生の直前に気温が上昇し始め第4図の S まで上昇しているのは強風をひき起こした空気塊のもっているエネルギーは発生前後のものとは異なったものであると見るができるだろう. 風速が極大に達し風が弱まった後は気温は再び下がり, 全体では初めより 2.5°C 低くなった.

2.3. LMA の強風が microburst だとする理由

前節で述べた強風を富山県公害観測地点の10分間平均風速計 (第2図の地点参照) の記録から見ると, A, B, C, D, の4地点のうち, A (婦中), B (赤田) だけに LMA の強風に対応する変化がある (第6図). 更に詳細に見ると, B 地点は LMA のガスト前線に対応して風はやや強くなっているが (第6図の G; ただし風速は小さいことに注意), A 地点では, この風の変化は認め



第7図 気温と気圧の変化 (1983年7月27日)
白と黒の矩形の部分は、それぞれ気圧
の上昇・下降域を、各地点の温度は
25°Cを基準にとり、温度目盛りは1°C
ごとである。地点は第5図の記号と同
じである。

られない。従って、LMAの強風に対応したものが認められるのはA地点のみである。

第6図は10分間平均値なので瞬間値を表したLMA(第3図)とは、大きさ、発現時間、とも比較することはできないが、LMAの風の極大時の風向は西～西南西だが、A地点では平均をとっても南西～南々西なので風の吹出しの源は第2図の矩形の左下側にあるように見える。また、A、B両地点とも風は同時に弱まり、その後の風向も異なっているのはmicroburstが上流(西南西～西方向)から移動して来たものでないことを示している。

次に気圧の変化に着目すると(第7図)、microburstを伴ったLMAでは気温の急降の直後に気圧上昇があるのに、TとFでは気温の降下時に気圧は下降し、更にTでは気温が下降し終った頃に気圧は上昇している。このように、F、TがLMAと逆の関係にあるのはF、Tでは密度移流の要因以上に気圧を下降させる力学的効果のあることを示すものであろうが、これがどのような意味をもつかはこの資料だけでは知ることはできない。ただ、第2図の雨量分布からは強雨域の進行方向に向かって右側がLMA(microburstの発生日点)、左側がF、Tに対応していると見ることもできる。

更に、強風が竜巻だとすると、この程度の強風では中心にかなり近いだろうから気圧の急降があっても良い筈だが、その事実はなく、風の記録も回転運動を表していない。

以上の観測事実をアメリカで得られたmicroburstの特性を参考にして解釈すると、この強風はmicroburst

と考えるのが適当である。なお、強雨域の通過中の瞬間最大風速はFで6.3 m/s、Tで5.9 m/sといずれも小さい。

3. むすび

大型ジェット機にとって最も危険なmicroburstが日本にも存在することが示された。この例では最大風速は32.8 m/s以上、20 m/s以上の継続時間は約6分であった。この例のようなmicroburstに遭遇した場合は離着陸は不可能となる。しかも、microburstは従来の方法では観測することも難しく、まして予知などできない。

アメリカでは既に、この原因の事故が発生し、大きな問題となっているが、我国では事故例はない。しかし、今後、我国でもこの研究の必要性は増大するだろう。その理由は長距離飛行の発達した現在では、飛行場周辺は積乱雲があっても着陸可能ならば燃料のあるうちに着陸することが航空機にとっては安全だからである。

終わりに、測器精度について教えていただいた気象庁の安斎測器室長に、資料を提供して下さった富山県庁、気象官署にお礼申し上げる。

※(注)、microburst: 下降流によってひき起こされた地表面近くの水平の流れの中で最初の水平の大きさが4 km以下のものを云う。直径4 km以上のものをdownburstと云う(Fujita, 1981)。

文 献

- Fujita, T.T., 1963: Analytical Mesometeorology: A review, Meteor. Monograph. Amer. Meteor. Soc., **27**, 77-125.
- Fujita, T.T., 1981: Tornadoes and downdrafts in the context of generalized planetary scales, J. Atm. Sci., **38**, 1511-1534.
- Fujita, T.T. and R.M. Wakimoto 1983: Microburst in JAWS depicted by Doppler radar, PAM and aerial photographs, 21st Conf. on Radar Meteorology (Preprints), 638-645.
- Marwitz, J.D., 1972: The structure and motion of severe hailstorms (Part II: Multicell storms), J. Appl. Meteor., **11**, 180-188.
- McCarthy, J. et al., 1983: JAWS data collection, analysis highlights, and microburst statistics, 21st Conf. on Radar Meteorology (preprints), 596-601.
- 日本航空, 1983: Flight Safety, **30**, 1-22.
- Wilson, J. and R. Roberts, 1983: Evaluation of Doppler radar for airport wind shear detection, 21st Conf. on Radar Meteorology (preprints), 616-623.

(以下 335 頁下に続く)