

5 2006年8月29日に沖縄本島地方で観測された内部重力波の特徴をもった気圧低下現象について

外間宏信、平野裕、裁吉信（沖縄气象台）

1 はじめに

2006年8月29日の10時頃～14時頃にかけて、奄美地方から沖縄本島地方で顕著な気圧低下が観測された。特に那覇航空測候所や沖縄气象台では、12時から13時頃にかけて、約3.5hPaの気圧低下がみられ、風向の変化と約6m/sの風速の変動が観測された。このような風向・風速の変動は、航空機の運航にとって重要な現象であり、その要因を解明し航空気象解説業務に資することを目的に本調査を行った。

2 気象概況

8月29日9時の地上天気図では、本州の東海上と先島付近に高気圧があり、奄美付近や沖縄本島地方は相対的に気圧の谷場となっていた（図略）。また、同時刻の500hPa天気図（第1図）では、大東島地方の東に上層寒冷渦（UCL）が解析され、沖縄地方にかけて広い範囲で寒気場となり、29日9時の那覇のエマグラムでは、静的安定度SSIは-0.7と大気の状態が不安定であった（図略）。

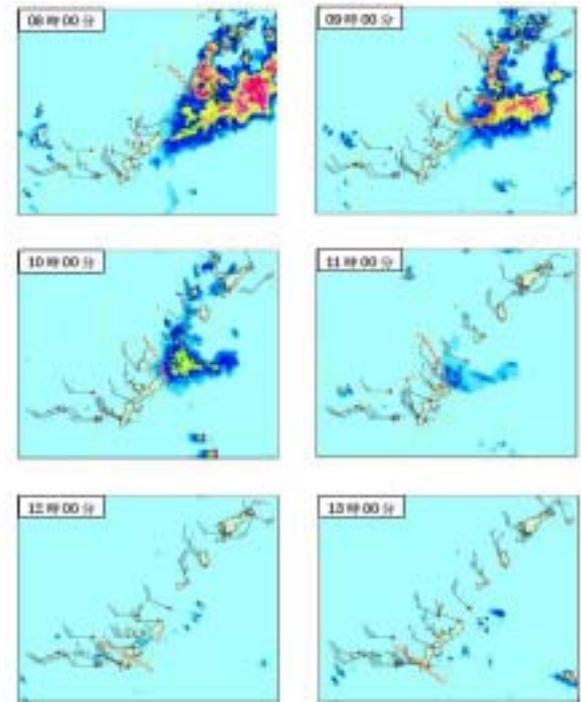
3 実況監視資料の特徴

(1) 気象衛星画像

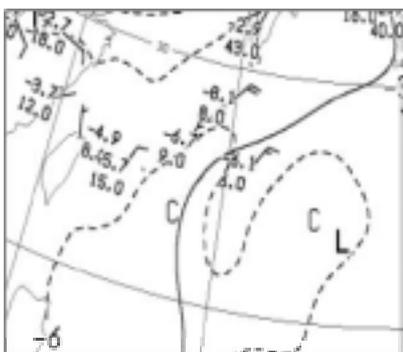
第2図に29日9時の赤外画像を示すが、奄美地方から沖縄本島にかけてCbクラスターを含む雲域があり、雲域下の地上風を見ると、いくつかの低気圧性循環が確認された（第2図の円）。

(2) レーダーエコー及び地上風

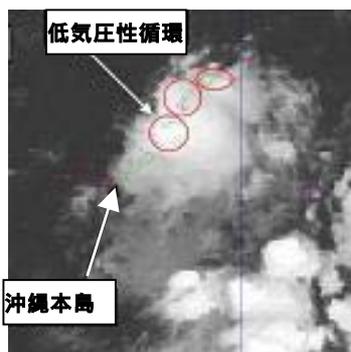
29日8時～13時までのレーダーエコーと地上風の変化を第3図に示すが、29日8時には、奄美地方から沖縄本島北部にかけてCbクラスターに対応した強いエコーがあり、その近傍で低気圧性循環が明瞭であった。しかし、エコー域が衰弱しながら南下にしたのに伴い、シャーラインや低気圧性循環は不明瞭となった。



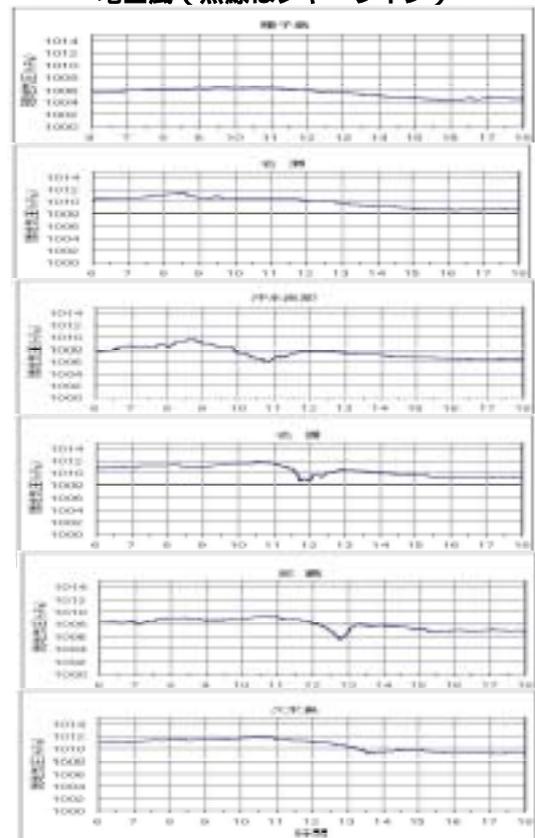
第3図 29日9時～13時のレーダーエコーと地上風（点線はシャーライン）



第1図 29日9時の500hPa面天気図



第2図 29日9時の赤外画像



第4図 各地の海面気圧変化

(3) 気圧変化から見られる気圧波の特徴

第4図に種子島以南の気象観測所の気圧経過を示すが、顕著な気圧低下は沖永良部島以南で観測された。なお、名瀬では9時頃に弱い気圧変動が見られたが不明瞭であった。また、気圧変動幅は2~3.5hPaであり、久米島で最も小さかった。

各観測所を通過した気圧波の谷の時間等から、気圧波の位相速度、進行方向、波長を求めると、位相速度は約60km/h、進行方向は南西、水平波長は約65kmとなる。

(4) 風向・風速、気温、露点温度の特徴

各地点で気圧波の通過に伴う気温と露点温度の変化は見られなかった(図略)。このことは、気圧低下が前線性のものではないことを示している。

風向は久米島を除いた各地でNW W NWと変化し、久米島では変化は小さかった。また、風速は各地で気圧波の通過時に強まっており、那覇では約6m/s、沖永良部や名護でも約5m/s~4m/s、久米島では約2m/sの変動が見られた(図略)。

4 気圧低下の要因についての議論

当初、気圧低下と衰弱しながら南下する降水域が対応していたことから、気圧低下現象は、降水域の通過に伴う小規模の気圧変動との見解が示されたが、次の矛盾点があった。

沖永良部島で観測された気圧低下のピークは、降水域の通過した後である。

降水域の減衰に伴い気圧波の振幅も減少するはずであるが、その様な特徴は見られなかった。

気圧波の位相速度(約60km/h)と降水域の南下速度(約30km/h)が大きく異なる。

(1) 内部重力波の可能性について

内部重力波とは、浮力を復元力とする密度成層流体中の波動であり、気象擾乱や山岳地形により励起されて発生し、水平・鉛直方向に伝播していく。また、大気中の内部重力波は水平規模が0.1-1000kmと様々であり、特に水平波長20-500km、周期1-4時間の内部重力波はメソスケール内部重力波と呼ばれる。また、メソスケール内部重力波は、その通過に伴って風向・風速の変化、雲量、降水の変化をもたらす、晴れた静かな天気の場合からわずか数km離れただけで、強い風が吹くことから、防災上も重要な気象として注目されている。なお、一般的に内部重力波の通過に伴う気温、露点温度の変化はみられない。

以上の内部重力波の特徴を考慮すると、今回観測された気圧波は水平規模及び気圧波の通過に伴う気象変化が上記の特徴とよく類似している。従って、以下の議論は、気圧波を内部重力波と仮定して進める。

(2) 内部重力波の発生する環境場の条件

内部重力波が波源から遠く離れた所まで伝播するのは、大気中に波を閉じ込める(トラップ)メ

カニズムがあるからである。このトラップする条件として臨界高度の存在が必要であり、波は地表と臨界高度の間にトラップされ、地表と臨界高度がノード(節)の役割をし、その間で共振する。

臨界高度とは、波の位相速度が波の伝播する方向の風速と等しい高度のことで、臨界高度より上には内部重力波は伝播できない。ただし、臨界高度のリチャードソン数(Ri)が0.25より小さいことが要求される。

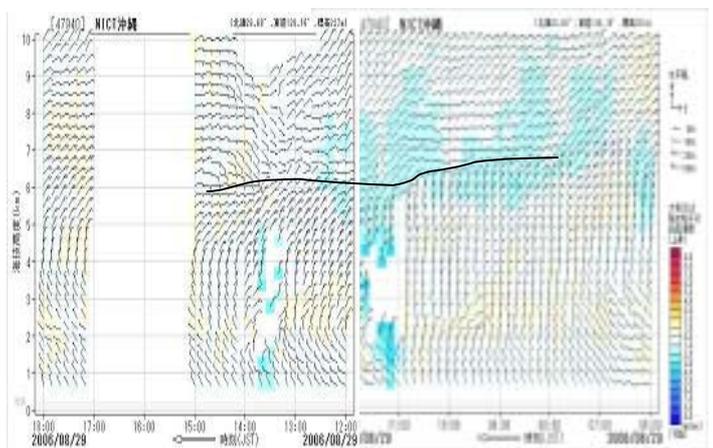
(3) NICT 沖縄 WPR 及び高層資料の特徴

第5図に独立行政法人情報通信研究機構沖縄亜熱帯計測技術センターのウィンドプロファイラー(以下 NICT 沖縄 WPR)を示すが、気圧波の位相速度と進行方向を考慮すると、臨界高度は約6km付近にみられシャーラインに対応する。

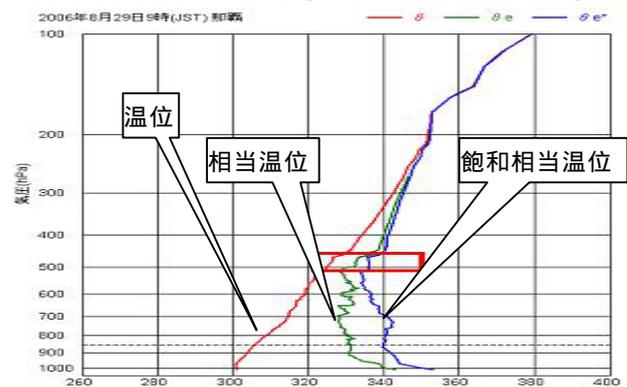
第6図に29日9時の那覇の成層状態を示すが、臨界高度に対応する500hPa(高度約6km)付近には強い安定層があり、この安定層のRiは0.15となり、内部重力波の発生条件を満たしている。また、700hPa以下は乾燥しており、700hPaと臨界高度の間の大気成層は安定している。

臨界高度はその安定層の上部に位置し、臨界高度の上部はほぼ中立な成層となっている。

このことから、700hPa(高度約3km)付近で対流により励起された内部重力波が水平方向に風下へ伝播したと仮定すると、NICT 沖縄 WPRで29日10時頃~14時頃に見られる3kmから2km付近の風の鉛直シアは内部重力波に相当する。



第5図 NICT 沖縄 WPR 資料(実線は臨界高度を示す)

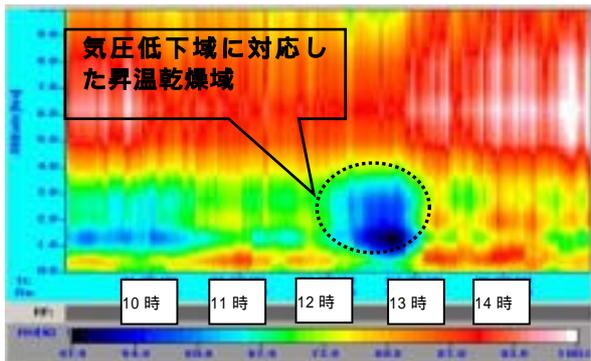


第6図 29日9時の高層資料、四角は臨界高度に対応する安定層

(4) マイクロ波放射計の特徴

第7図は、沖縄気象台に設置してあるマイクロ波放射計による湿度の鉛直分布である。マイクロ波放射計では、水蒸気量と気温の鉛直分布が観測できる。

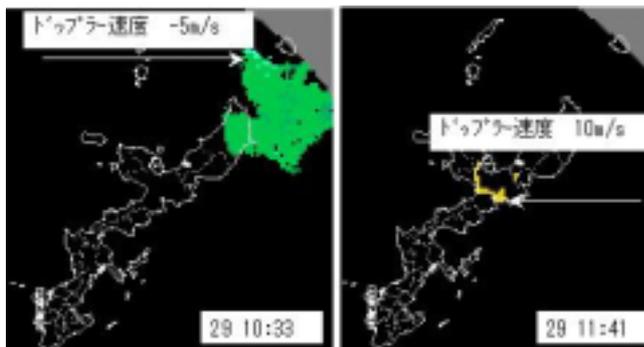
那覇で気圧波が確認された29日12時~13時頃にかけて、高度3km~1km間に乾燥域が現れている。また、この乾燥域は昇温している(図略)。この昇温乾燥域は地上の気圧低下時間帯に一致しており、内部重力波の下降流により下層の空気塊が断熱昇温したものと推定され、地上では気圧低下となって現れたと推定できる。



第7図 那覇のマイクロ波放射計観測資料

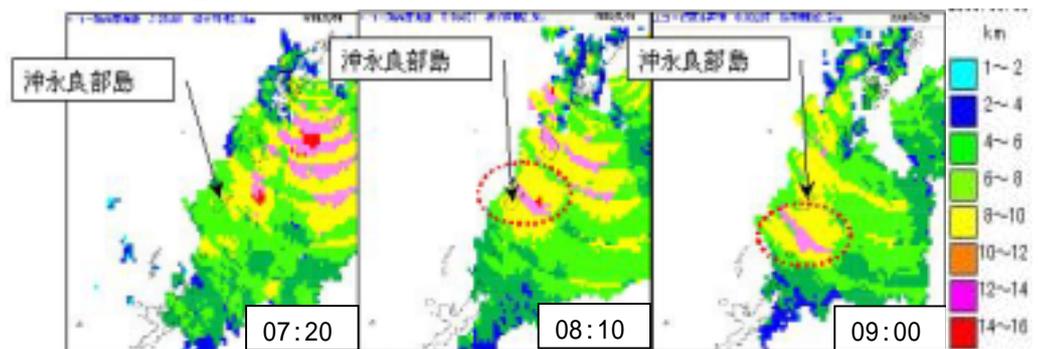
(5) ドップラーレーダーの特徴

第8図に那覇空港気象ドップラーレーダーで見られた特徴を示すが、沖永良部で気圧変動を観測した10時40分頃には、仰角0.7度において-5m/s程度のドップラー速度を持ったエコーが、沖縄本島北部に見られた(沖永良部は検知域外である)。



第8図 那覇空港気象ドップラーレーダー観測資料

その直後からドップラー速度はサイトから離れる向きへ変わり始め、名護で気圧変動を観測した頃の11時41分には、ドップラー速度+10m/s程度のエコーが名護付近を通過した



第9図 レーダーエコー頂高度分布 29日07時20分から09時00分

(+はサイトから離れる方向、マイナスは近づき方向)。

このドップラー速度の違いは、NICT 沖縄 WPR で見られた高度2km付近の風のシア層を観測している可能性が高いと考える。

(6) レーダーエコーの特徴

第9図にレーダーエコー頂高度を示すが、沖永良部島南東を29日7時00分~9時30分頃にかけて、頂高度12km超のエコーが通過した。これは、それ以前から奄美付近に見られた高いエコーとは別のもと考えられる。なお、この頂高度の分布には波状の様相が見取れるが、これは、頂高度を計算するアルゴリズム上、必然的に出てくる分布であり、内部重力波の伝播を表すものではない。

第9図の点円で囲んだ活発な対流域が内部重力波の発生源と考え、この対流域は09時30分の時点で名護の北東120kmに位置しており、気圧波の位相速度が60km/hであることから、約2時間で名護に到達することになり、名護で気圧低下を観測した時間とほぼ一致する。また、沖永良部島では29日9時頃から気圧が低下し始めており、この対流域の通過とほぼ一致している。

5 まとめと考察

今回観測された気圧波が発生した環境場は、内部重力波の発生する条件を満たしていた。

内部重力波の発生は、奄美付近で発達したCb域、つまり強い積雲対流に起因する強い上昇流によるものと考えられる。

内部重力波は29日9時頃に励起され、平面状にかつ鉛直に伝播していき、臨界高度と地表面を節として、臨界高度下方に反射された内部重力波と下方から上方に伝播する波が共鳴現象を起こし、水平方向に伝播したと考えられる。

内部重力波の南西方向の伝播は一般風と同方向であることから、波の振幅は維持され伝播するが、北東方向の伝播は一般風と逆であり、波の振幅は指数関数的に減衰し、その結果、沖永良部島以北では、気圧低下は不明瞭になったと推定する。

最後に、本調査ではNICT 沖縄 WPR の観測資料を利活用させて頂きました。感謝の意を表します。