

下部成層圏のかなとこ雲

岩崎杉紀(防大)、柴田隆(名大)、久保田尚之(JAMSTEC)、岡本創(九大)、石元裕史(気象研)

はじめに

浮力を失う高度より高い高度に達した積乱雲の雲頂の雲(オーバーシュート)は、対流圏と成層圏の間の水蒸気や微量ガスを輸送する役割があると考えられている。地上観測では、積乱雲を下から見上げて測定するため、光や電波の減衰を無視できず、オーバーシュートを観測することは困難となる。このため、オーバーシュート研究は、もっぱら数値実験と衛星観測のデータ解析が行われてきた。本研究では、衛星データを用い、積乱雲から続く下部成層圏に存在したかなとこ雲の形成過程を考察をする。

結果

図1は、ミャンマーのヤンゴン沖に現地時間2007年5月29日午前1時30分ごろにA-train衛星群のセンサによって測定された幅90km程度のかなとこ雲である。この雲頂高度は19kmで、もっとも低い気温(CPT)の高度より2kmほど上である。この雲は下でCloudSatのエコーとつながっている。MTSATの画像(図示していない)から、A-trainで測定された時刻の4時間前からその場を輝度温度200K以下のクラウドクラスタが通過していた。ここで、MTSATの最も冷えた輝度温度は観測場所より300km離れたチェンマイのゾンデデータのCPTとほぼ同じであった。A-train観測の2時間ほど前にはenhanced-Vと呼ばれるVまたはU字型の輝度温度分布となった。enhanced-Vが見られる場所には極めて発達した対流が存在していることが経験的に知られている。この雲は1つまたは複数のオーバーシュートが残した雲と思われる。

CloudSatのエコーは、このかなとこ雲の下端から海面まで続いているので、降雨を伴っていることが分かる。また、高度5km付近に融解層が見られるので、この積乱雲は末期であることが分かる。MTSATやIIRの赤外画像にはこのかなとこ雲の存在を示すものは見当た

らないので、光学的に薄い雲と思われる。

統計的に、オーバーシュートの雲粒子の個数密度の出現頻度の90%は $5.3 \times 10^5/\text{m}^3$ 以下である。この雲が、この個数以下、CloudSatの観測限界以下とすると、CALIOPの後方散乱係数の観測値から、氷水量とモード半径は、それぞれ0.4から $2.3\text{mg}/\text{m}^3$ と10から $20\mu\text{m}$ と推定される。

考察

極軌道であるA-trainによるオーバーシュートの研究では、その時間変化が分からない。このため、断熱膨張で上昇するのだからオーバーシュートしてもその空気塊は冷たく重たいはずなので、それはそのまま「すぐ」に下降するのではないかと、と言われることが多い。しかし、(1) ゾンデのCPTとMTSATの低い輝度温度がほぼ同じなので断熱膨張で高度19kmまで上昇したとは考えにくい、(2) かなとこ雲は赤外画像で判別出来ないくらい薄く、その氷水量はIwasaki et al. (2010)のオーバーシュートの30%以下、を説明するには、オーバーシュートした雲は下部成層圏の温かく乾燥した空気と混ざりながら拡散し、雲粒子が昇華したと考えるのが妥当である。なお、Iwasaki et al. (2012)ではCPTより低い輝度温度を持つオーバーシュートはオーバーシュート全体の1割程度である。

雲粒子の終端速度は130m/h程度なので、アンビルがCPTの高さまで落ちるのに10h程度はかかる。A-train観測の5時間後の夜明けのMTSATの可視画像を調べたが、雲が多くアンビルがまだ存在していたかどうかは判断できなかった。

大会当日は、ここでは述べていないゾンデの気温の鉛直分布の変化についても報告する。

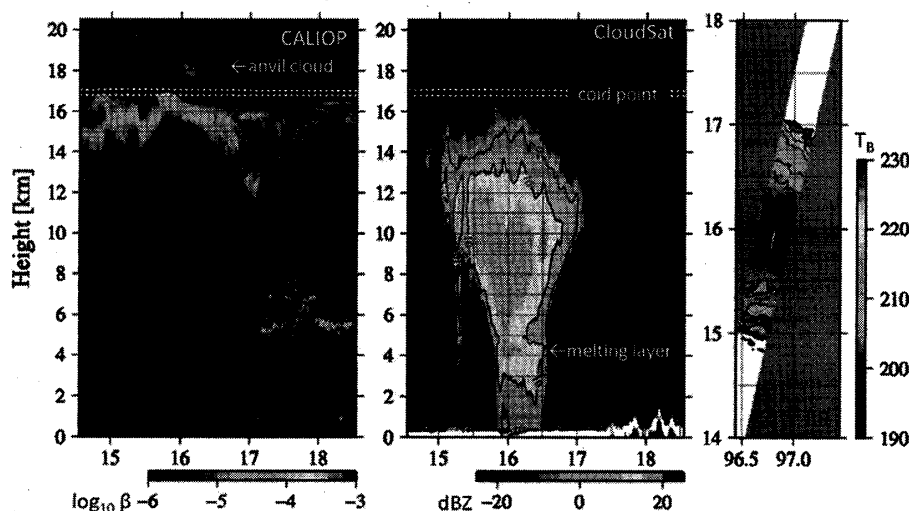


図1 CALIOPの後方散乱係数(左)、CloudSatのレーダ反射因子(中央)、IIRの $10\mu\text{m}$ の赤外画像(右)。研究対象としている雲は、左図の矢印のもの。点線はECMWFで求められた気温が最も低い高度。