

局地的な降雨の発生時間帯と大気の安定度との関連性

九州大学工学部

学生会員 今谷 和道

九州大学大学院工学研究科

西山 浩司

九州大学大学院工学研究科

正会員 神野 健二

1. はじめに

九州地方では梅雨期に前線の影響を受けて、毎年豪雨が多発し、洪水や都市部の内水氾濫などの水害が多発している。一方、太平洋高気圧に覆われる夏期には多量の水蒸気を含む対流不安定な成層状態になりやすいため、強い日射の影響で気温が上昇する午後には局地的に豪雨が発生することがある。このような豪雨の詳細を調べることは豪雨災害の防止に重要であることは言うまでもない。そこで、本研究では、1996年8月8日に福岡都市圏の南部域で日射の影響で発生した局地豪雨を対象として解析を行い、降雨の発生時間帯と大気の安定度との関連性について考察する。

2. 1996年8月8日の降雨

この日福岡は朝鮮半島付近の高気圧の影響下にあったが、南海上の台風12号の影響で西日本に暖かく湿った空気が流入しやすく、上空には寒気が入り込んでいた。そのため、大気は対流不安定であり、午後は日射の影響で局地的に積乱雲が発生しやすい状態であった。この日の午後には福岡県太宰府市付近の平野部を中心に激しい豪雨に見舞われ、福岡市と太宰府市の間にある粕屋郡志免町で1時間に50mm、10分間雨量の最大で12mmを記録した。(図-1参照)

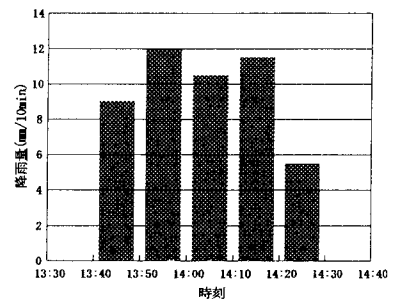


図-1 志免町の10分雨量時系列

3. 混合層の発達による大気的不安定化

太平洋高気圧圏内では一般に午前から午後にかけて日射量が増加し、接地境界層内の気温は急激に上昇する。この際、接地境界層では絶対不安定な成層状態となり、それを解消すべく気泡(サーマル)が絶えず発生し、熱と運動量、そして豊富な下層の水蒸気を上部に輸送する。その結果として、温位、風速分布、水蒸気混合比が高度によらず一様になる層が形成される。その層を混合層と呼ぶ。この混合層の発達によって大気の下層から不安定化し雷雲が発生しやすくなる。そこで混合層内の気温の増加による安定度の変化と雷雲の発生との関連を調べることにする。ここでは安定度の指標として混合層高度、自由対流高度、雲底を取り上げる。これらは気圧に対する気温と湿度の鉛直分布から求めることができる。しかし、日中の高層データの観測は9時にしか実施されないため、雷雲が発生した時間帯の安定度を推定するために、まず、混合層より上層の自由大気では混合層内の熱対流の影響を受けないと仮定して9時の高層データで得られる気温と湿度をそのまま利用した。一方、混合層内では温位が一定、つまり乾燥断熱減率で気温が低下すると仮定して、地上気温を与えて気温の鉛直分布を求めた。ここでは、1000hPa面の気温を地上気温とみなした。次に、9

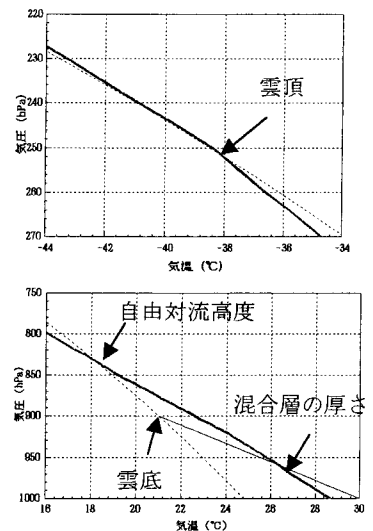


図-2 $T=30.0^{\circ}\text{C}$ における雲頂、雲底、混合層、自由対流高度(太い実線が状態曲線、細い実線が乾燥断熱線、破線が湿潤断熱線)

時の高層データの 1000hPa における湿度から水蒸気混合比を求め、この量が混合層内で一定であると仮定して雲底を求めた。また、混合層の高度は図-2のように地上の気温から見積もった乾燥断熱線と9時における気温の鉛直分布曲線との交点における高度で定義した。

1996年8月8日9時の高層データに基づいて、地上気温を変数にとって自由対流高度、雲底高度、混合層高度を推定した。その結果、図-3のように地上気温の増加に伴って混合層が発達し自由対流高度が下がることが分かった。9時の高層データでは地上気温が28.7℃で自由対流高度が約1900mであったのが、気温の増加とともに自由対流高度が低下し、高度約1300mで自由対流高度は混合層高度と雲底高度と一致した。この時の地上気温は約32.5℃で、この気温を超えると地上付近で発生した気泡（サーマル）は収束等の強制上昇の助けを借りることなく雷雲がさらに発生しやすくなる。ここで、4℃の気温の増加で自由対流高度が約600mも下がるという結果は重要な意味を持つ。すなわち、自由対流高度が高くて雷雲の発生が不可能であっても、混合層の発達で自由対流高度が600mも下がれば海風の収束効果も加わって雷雲の発生が可能になることを意味する。

4. 雷雲の発生の可能性

図-4より太宰府では8時には27.8℃だったのが、10時になると32.6℃まで上昇している。このとき、図-3より雷雲の発生の可能性は十分にある。しかも10時には海風前線が福岡と太宰府の間に存在しているので、10時には雷雲が発生してもよさそうであるが、10時にはレーダーエコーは確認されておらず、実際にレーダーエコーを捉えたのは11時以降である。この1時間のずれの原因として、まず雲物理的な原因が考えられる。雷雲が発生しはじめてから降水粒子がレーダーに捉えられるまでの時間が20分から40分程度でこの時間だけ遅れる。次に、観測器が設置されている場所が設置境界層内にあるために温位が過大であることが挙げられる。実際には、混合層内の温位は地表付近の温位に比べて小さい。さらに、1000hPaの一定気圧面の気温を地上気温と仮定したことも問題で、実際には、地上気圧は1000hPaよりも若干大きく、しかも日変化する。これらの点をどのように補正するかが今後の課題である。

5. 結論

雷雲の発生には、混合層の発達による不安定化が重要な役割の1つであることが明らかになった。混合層内の気温が増加するに従って混合層の厚さが増加し、自由対流高度が下がって雷雲発生の可能性が増加する。この安定度解析で、局地的な降雨の発生時間帯について知ることが可能であるようだ。しかし、そのためには、いくつかの問題を解決する必要がある。

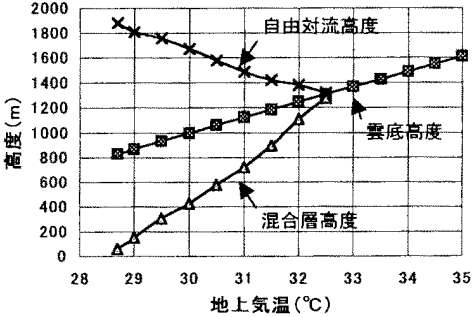


図-3 1000hPa 面の気温を変数として推定した安定度の変化

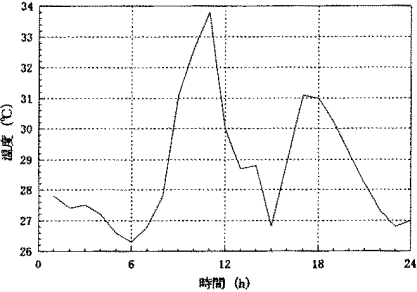


図-4 1996年8月8日における太宰府の気温変化