

夏季の雷雨発生を捉えるための高層気象データの利用

九州大学工学部	学生員	安藤 航太
九州大学大学院工学研究院	正会員	西山 浩司
九州大学大学院工学研究院	正会員	神野 健二

1. はじめに

太平洋高気圧の影響を受ける夏季が到来すると各地で局地的な雷雲が発生し豪雨になる場合がある。一般に午前中は晴れて、気温の上昇する午後はこのタイプの雷雲が局地的に発生する。最近では山岳域だけでなく都市域でも局地的な雷雲の発生が増加する傾向にあるため、今後このタイプの雷雲の発生を予測する重要性が高まっていくであろう。過去の多くの研究結果が示すように雷雲発生の引き金として海風前線や山岳の頂上付近などで起こる収束の効果が重要であること言うまでもない。しかし、引き金として期待される収束効果が存在しても大気がある程度不安定化しなければ雷雲の発生は難しい。一般に日射の影響を受けて地上付近の気温が増加すると大気は不安定化するが、太平洋高気圧の影響で下層に多量に蓄積されている水蒸気も大気的不安定化に大きく寄与する。このように大気不安定度を推定できればアメダスから得られる収束とGPS可降水量の観測を併用することで雷雲の発生を捉えることが一層可能になるであろう。しかし安定度を推定するために必要な高層観測(気象庁)は1日2回しか実施されていない。日中は0900JSTしか実施されないため、このままでは雷雲が発生する午後不安定度を推定することができない。そこで本研究では0900JSTの高層データから午後不安定化に密接に関係のある要素を抽出し、不安定化の推移や規模を見積もる試みを行う。一般的にしばしば用いられる方法として地上気温が増加したとき対流凝結高度(CCL)とそれに対応する地上気温(一般に対流温度と呼ばれる)を見積もる方法がある。上空に寒気が流入する状態で対流温度に達すると地上を発生したサーマルは背の高い雷雲に発達する資格を持つことになるので対流温度は雷雲発生の熱力学的指標となる。

2. 安定度の推定

一般に地上気温が増加するに従って熱、運動量、水蒸気の鉛直方向の乱流拡散が盛んになるため、温位と比湿が一様になるような対流混合層が形成されて大気不安定化が一層促進される。このことを熱力学的に考察すると、図-1に示すように地上気温の増加に従って対流混合層が発達して雷雲発生の引き金として重要な要素である自由対流高度が低下する。さらに地上気温が対流温度に達すると地上から発生した空気塊は強制上昇なしで上昇できるほどに大気は不安定化する。このような状態の対流混合層と海側から侵入してきた海風との間に海風前線帯が形成されて水蒸気が収束する。このとき不安定化した対流混合層は不規則ではあるがバンド状に持ち上げられて雷雲が発生することになる。ここでは大気不安定度を理解しやすくするため、実際の高層データを用いずに一定の気温減率を与えた大気を想定する。このような仮定をすると地上から持ち上げられた空気塊の温度は飽和するまでは乾燥断熱減率、その後の湿潤断熱減率に沿って規則的に低下するため、自由対流高度や対流凝結高度、対流温度などの安定度指標は日射の増加とともに変化する地上の気温、比湿と午前中に大気示す一定の気温減率の関数として表現される。このとき湿潤断熱減率、一定の比湿に対する露点の温度減率を一定と仮定すれば安定度指標はさらに簡単に表現できる。

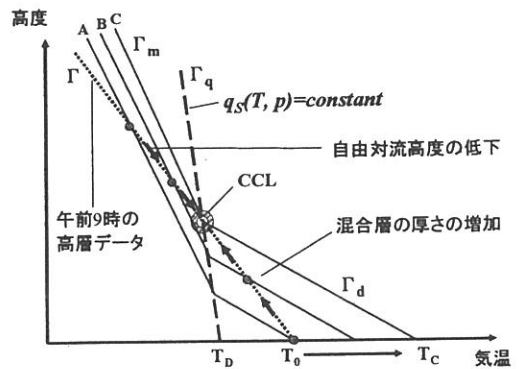


図-1 地上気温の上昇に伴う大気不安定化についての模式図

### 3. 結果

ここでは安定度指標として自由対流高度に着目して大気不安定化に関する特徴を述べる。図-2、図-3に大気気温減率を一定(0.5 K/100m, 0.7 K/100m)と仮定した時の地上気温の増加に伴う自由対流高度の低下を示した。図-2には1995年8月16日、図-3には1996年8月8日の午前9時における福岡の高層データに基づいて計算した自由対流高度も一緒に示した。両図に共通した特徴として、日射の影響で地上気温が増加するほど、また対流混合層内が湿っているほど自由対流高度が低くなるのがわかる。このことは大気不安定化を意味するが、一定の気温減率を仮定した場合から読み取れる重要な性質がある。大気気温減率が大きい場合自由対流高度は低くなるが、気温増加に伴う自由対流高度の低下の割合は比較的緩やかである。一方、気温減率が小さい場合では自由対流高度は高いが、気温の増加に伴って急激に低下することがわかる。実際には気温減率は高度によって異なるため(図-4)、自由対流高度の変化も連動して変化することになる。1995年8月16日は高度1000mから2500mの間の層で0.44 K/100mから0.51 K/100mの気温減率を示している。特に高度1600mから2100mの間の層では気温減率が0.44 K/100mであったために自由対流高度が急激に低下し、地上気温が1.5°C増加に対して約2600mあった自由対流高度が1000m近くにまで低下し対流凝結高度に達していることがわかる。一方、1996年8月8日は自由対流高度が約1500mで気温減率が0.60 K/100mから0.69 K/100mに変化しているが、自由対流高度の低下は比較的緩やかで地上気温32.6°Cで対流凝結高度に達していることがわかる。実際、この両日には海風前線の影響と考えられる局地雷雲が山岳部だけでなく平野部でも発生した。内陸部の気温は33°Cを超えていたため、北部九州では地上を発する空気塊が強制上昇の助けなく背の高い雷雲になる資格を持っていたと考えられる。

### 4. まとめ

本研究では午前9時の高層観測データから午後の不安定化に密接に関係のある要素を抽出し、不安定化の推移や規模を見積もる試みを行った。その結果、大気不安定化は午前の高層データから得られる気温減率と密接にかかわっていることがわかった。この結果は午前9時の高層データから気温が増加する午後の大気不安定化についてある程度推測できることを示唆している。

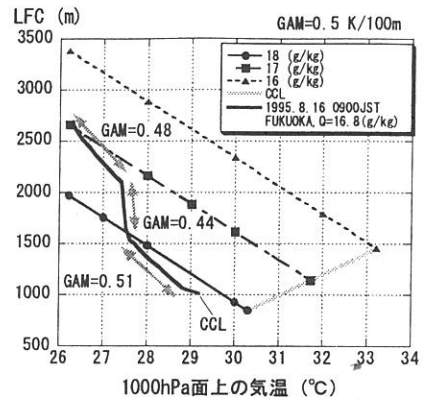


図-2 地上気温の増加に伴う自由対流高度の低下 (GAM=0.5 K/100m)

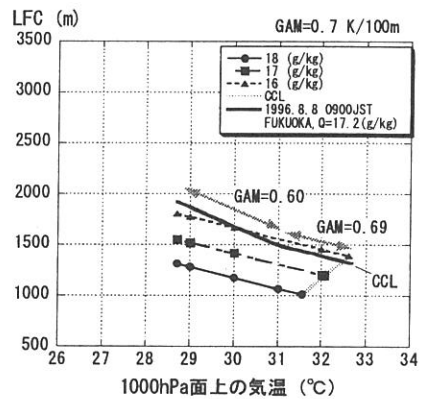


図-3 地上気温の増加に伴う自由対流高度の低下 (GAM=0.7 K/100m)

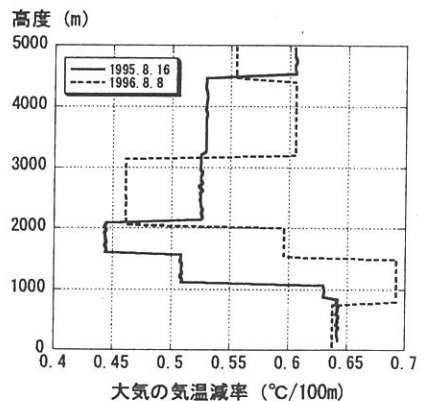


図-4 高度に伴う大気気温減率の変化