

気候変動に伴う大気安定化と水蒸気浸潤がゲリラ豪雨の特性に及ぼす影響
 An Influence of Atmospheric Stabilization and Water Vapor Invasion
 on Characteristics of Guerrilla-heavy Rainfall

中北英一・○橋本郷志・小坂田ゆかり

Eiichi NAKAKITA, ○Goshi HASHIMOTO, Yukari OSAKADA

Under the climate change, it is important to clarify the future change in the nature of cumulonimbus cloud which leads to occur severe disasters such as flash flood. Theoretically, the capacity of the atmosphere to hold water and therefore precipitation intensity are governed by the Clausius-Clapeyron equation. But, in previous researches, observations and simulations show larger rate than its expectation. In this study, we figured out the future changes in the nature of cumulonimbus cloud. In addition, we conducted a pseudo global warming experiment in order to analyze the mechanism of those changes from the view point of dynamic and thermodynamic.

1. はじめに

豪雨災害をもたらす気象現象の一つに、2008年7月の神戸都賀川における水難事故をもたらしたゲリラ豪雨がある。ゲリラ豪雨とは、「突如発生・発達する積乱雲によってもたらされる局地的な豪雨」のことであり、時に人命をも脅かす。

さらに、地球温暖化に伴う気候変動により、ゲリラ豪雨の特性が変化することが考えられる。気候変動下では、気温減率と減少と大気下層水蒸気量の増加が予測されている。気温減率の減少は、大気を安定化させる効果であり、下層水蒸気量増加は大気を不安定化させる効果であるため、将来気候においては2つの相反する効果が共存することとなる。中北ら(2018)は、この2つの効果のトレードオフを調べ、下層水蒸気量増加による大気不安定化の効果が打ち勝ち、将来気候では潜在的な不安定な環境場の発生頻度が増加することが、ゲリラ豪雨の生起頻度増加の原因であるということを示した。しかし、ゲリラ豪雨(あるいは単独積乱雲)そのものの特性(降水強度や継続時間など)の将来変化については未解明な部分が残される。

極端降雨(対流性降雨に限らない)の降水強度の気温に対する変化率は、Clausius-Clapeyronの式から約6~7%/K(以下、CC率)であることが理論的に期待される(Trenberth *et al.* 2003)。しかし、様々な観測・モデルによるシミュレーションによると、その変化率はCC率を上回ることが確認されている(Westra *et al.* 2014)。このようなCC率を上回る降雨強度変化には、水蒸気量増加だけでな

く、「水の相変化に伴う潜熱放出量の増加によって雲内の上昇流が強化される」などの力学的・熱力学的な変化が寄与していると考えられている。

本研究では、単独積乱雲の特性(降水強度や継続時間など)がどのように将来変化するのか、またその変化はどのような力学的・熱力学的メカニズムに基づいてもたらされるのかを解明することを目的とする。

2. 解析手法

気象庁非静力学モデルNHMを用いて、様々な環境場においてWarm Bubbleで積乱雲を発生させる。現在・将来気候の代表的な環境場を作成するために、気候変動リスク情報創生プログラムにて5km解像度の領域気候モデルNHRCM05を用いて計算された現在・将来各20年分のデータを使用する。大規模場擾乱日を除く8月1500JSTの近畿地方の各グリッド(5km×5km)の、1000hPa気圧面の気温 T と露点温度 T_d 及び気温減率 TLR を、それぞれ独立にクラスター分類する。そして3つの変数(T , T_d , TLR)の組み合わせによって、8月1500JSTの近畿地方の代表的な環境場を多数作成した。

水平方向は500m解像度で12.5km×25kmの領域、鉛直方向は250m解像度で20km高度、時間解像度は2s、積分時間は60分である。水平風は、NHRCM05の現在気候出力で抽出したあるゲリラ豪雨事例の風を与えた。初期条件として直径4km、環境場に対して約+1Kの気温偏差と露点温度偏差をもつWarm Bubbleを高度100mに置いた。

3. 単独積乱雲の特性の将来変化

図1は様々な環境場で発生した積乱雲の継続時間と積算降雨量の関係を表している。1つの積乱雲によってもたらされる降雨量は将来気候で増加していることがわかる。また、将来気候では現在気候よりも継続時間が短い積乱雲が増加することも見て取れる。図2は1000hPaの露点温度 T_d の変化に対する降雨強度の変化を表している。露点温度 T_d 1 Kごとのビン中で、降雨強度の各パーセンタイル値を計算した。露点温度の変化に対する降雨強度の将来変化率(緑実線矢印)は、CC率(黒細線)で期待される変化率を大幅に上回っている。このような降雨強度の強化には、単なる水蒸気量増加だけでは説明できない、力学的・熱力学的メカニズムが働いていると考えられる。

4. 擬似温暖化実験によるメカニズム解析

降雨強度の将来変化率がCC率を大幅に上回るメカニズムを解析するために、現在気候のある環境場に対して温暖化差分(現在気候と将来気候の近畿地方の20年平均値の差)を与えて擬似温暖化実験を行った。図3のように、環境場の水蒸気量の増加に伴い、積乱雲内での潜熱放出量が増加し、上昇流を強化、積乱雲上部での水蒸気収束が増加したことが、降雨強度の大幅な強化をもたらしたと考えられる。

5. おわりに

今後、瞬間降雨強度、積算降雨量などの将来変化をそれぞれ解析し、どのスケールの「短時間」強雨がどのように将来変化するのかを明らかにする。また、NHRCM05の将来気候の他のアンサンブルについても解析を行い、単独積乱雲の普遍的な将来変化についても発表する予定である。

参考文献

- 1) 中北英一ら(2018), 気候変動に伴う大気安定化及び水蒸気浸潤がゲリラ豪雨生起頻度に及ぼす影響. 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.74, No.5, I_25-I_30.
- 2) Trenberth, K. E. *et al.* (2003), The changing character of precipitation. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 84(9), 1205-1218.
- 3) Westra, S. *et al.* (2014), Future changes to the intensity and frequency of short-duration extreme rainfall. *Reviews of Geophysics*, 52(3), 522-55.

謝辞: 本研究では、文部科学省気候変動リスク情報創生プログラム「課題対応型の精密な影響評価」で出力されたデータ及び気象庁非静力学モデルNHMを利用した。ここに記して謝意を示す。

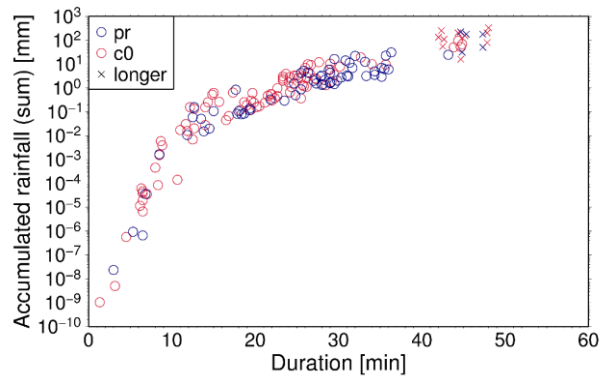


図1 各シミュレーションの積乱雲の継続時間と積算降雨量の関係。prは現在気候、c0は将来気候、longerはシミュレーション期間内に積乱雲が消滅しなかったものを表す。

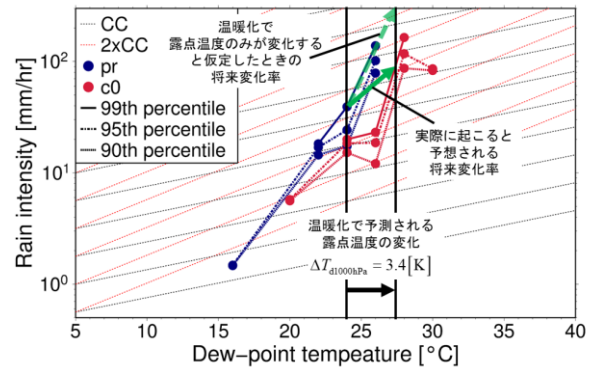


図2 露点温度と降雨強度の関係。黒細線はCC率、赤細線はCC率の2倍を表す。pr、c0は図1と同様である。

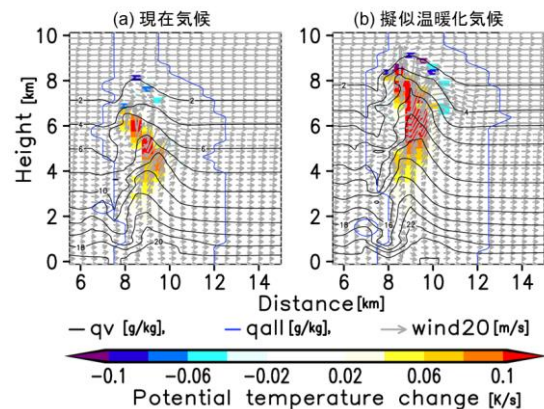


図3 (a) 現在気候、(b) 擬似温暖化実験の同一時間の鉛直断面。黒線は水蒸気混合比、青線は全水物質の混合比、ベクトルは風、塗りつぶしは潜熱放出による温位の変化率。