

流入経路に着目した線状対流系への水蒸気流入メカニズムの解明 Clarification of mechanisms of mechanisms of water vapor inflow into the back-building convective system by focusing on inflow path

○小坂田ゆかり・神谷太雅・中北英一

○Yukari Osakada, Taiga KAMIYA, Eiichi NAKAKITA

The back-building convective system often occurs in Baiu season, and has caused a lot of damage in Japan. For occurrence, development, and maintenance of the back-building system, the supply of water vapor is necessary. In addition, atmospheric stability can change the flow. In the research, how stability influences water vapor inflowing into the rainfall area along the terrain is focused on by using sensitivity experiments. As a result, in more stable conditions, the flow along the terrain got stronger, hence, the range showing large water vapor flux became higher and thinner. Therefore, atmospheric stability has an impact on changing the inflow.

1. はじめに

梅雨期に日本ではこれまで多くの豪雨被害がもたらされてきた。この梅雨期に発生する典型的な豪雨として知られているのが、バックビルディング型の線状対流系である。梅雨期には、南方から大量の水蒸気が、温かく湿った空気として、大きな収束帯である梅雨前線帯へと流れ込んでくる。この大量の水蒸気の流れ込みにより、大気は対流不安定になり、バックビルディング型の豪雨がしばしば発生する。したがって、水蒸気の流れ込みを保持する経路の存在が、持続する梅雨豪雨の発生にとって必要であり、水蒸気がどのように流れ込んでくるか、どのようにして豪雨域に供給されるかといったことを明らかにすることは、線状対流系の発生、発達メカニズムを解明することに対して非常に重要である。

そもそも、流体力学的に、大気の流れは安定度によって変化する。そこで、本研究では仮説として、大気が安定であるほど流れが地形に遮られたときに上昇せずに、地形に沿って水平的に流れが強くなり、その結果、水蒸気も地形の奥へとより集まりやすいのではないかと考えた。(図1)そこで本研究では、この仮説に基づき、南方から地形に沿って陸域へと流入する水蒸気の供給過程が、安定度によってどれだけ影響されるのかを、感度実験を用いて検討した。

2. 対象事例と計算設定

平成24年7月15日の午前0時～6時に京都府

亀岡市周辺で発生した亀岡豪雨を対象とし、メソ大気モデル CReSS を用いて、再現実験と、大気の安定度の条件のみを変えた2つの条件の感度実験を行った。初期時刻は7月14日午後9時に設定し、15日午前6時までの9時間のシミュレーションを行った。初期値、境界値には気象庁メソスケールモデル(MSM)の三時間ごとの解析値を用いた。感度実験では、地表面の温度を変えずに、100hPaでの温度を2度、4度と上げ(それぞれ感度実験2, 4と呼ぶ)、線形的に内挿することで、温位の傾きを変え(表1)、安定度をより高くした。

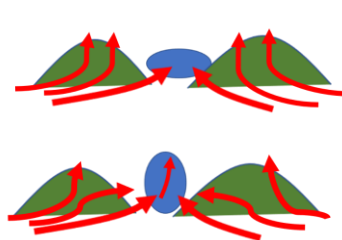


図1 仮説による大気が不安定の時(上図)と安定の時(下図)の水蒸気の集まりの概念図

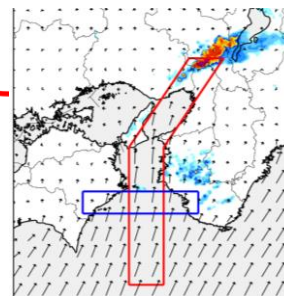


図2 亀岡豪雨と紀伊水道での水蒸気フラックス(矢印)

表1 再現実験、感度実験での温位の傾き(安定度の変化)

	再現実験	感度実験2	感度実験4
$d\theta/dz$	0.004827	0.004951	0.005042

3. 水蒸気フラックスの流れ込みの変化

MSM の解析値を用いて過去に起きた複数の豪雨事例を解析したところ、図 2 で見られるように、強い地表面水蒸気フラックスが紀伊水道から豪雨域にさしかかる範囲で確認され、豪雨の必要条件として三次元的な水蒸気流入が重要であるとわかった。そこで、先述した感度実験の中で、紀伊水道から豪雨域へと続く範囲(図 2 赤枠部分)で水蒸気の流入の違いは起こっているのかに着目し、経度方向に平均した水蒸気フラックスの南北の鉛直断面を確認したところ、紀伊水道の入口付近で、再現実験よりも、安定である感度実験 4 のほうが、水蒸気フラックスとして強い値を示す高度が高くなった(図 3)。

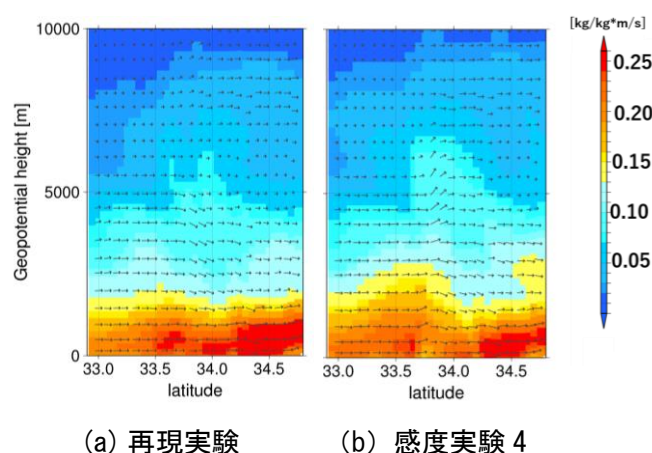


図 3 図 2 の赤枠の領域の鉛直断面の水蒸気フラックスの変化 (x 軸：緯度、y 軸：高度)

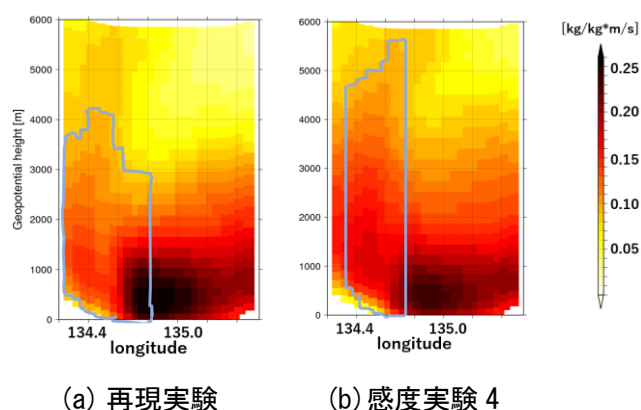


図 4 図 2 の青枠での東西鉛直断面の水蒸気フラックスの変化

そこで、感度実験 4 で水蒸気フラックスの盛り上がりが見えた北緯 33.7° 付近(図 2 の青枠)の範囲で、東西鉛直断面での水蒸気フラックスを図

4 に示す。この鉛直断面図から、図 1 で示したような安定度の違いによる流入の変化を確認するために、南方からの水蒸気流入量が等しくなる断面を調べたところ、図 4 の白枠で囲んだように、安定の時はより上部へ縦に細長くなっており、初めに立てた仮説が確認できた。このことより、連続式的に考えると、大きい水蒸気フラックスの値が高い高度でみられることは、高い安定度により、地形に沿って紀伊水道に強く集まってきた水蒸気フラックスが、図 1 のように、逃げるように上昇し膨らみ細くなったと考えられる。また、この付近で、緯線に平行な水平方向の収束が、安定であるときのほうが大きかったため、整合性も確認できた。

このように安定度は、水蒸気の流入に影響を与えうると考えられる。

4. SOM を用いた過去事例の解析

この結果に基づき、実際起こった事例においても、安定度が高いと大きい水蒸気フラックスが上昇するといった動きが見えるのかどうか、SOM というクラスター分類を用い解析した。2010 年から 2021 年の 6 月 1 日から 8 月 31 日までの 3 時間ごとの解析値を用い、地表面水蒸気フラックスの水平分布と紀伊水道に入り込む領域の水蒸気フラックスの南北鉛直断面をクラスター分析した結果、亀岡豪雨の時のような南方からの流入が大きいときは、安定度が高いと、中層まで大きい水蒸気フラックスの流れ込みが確認できた。MSM の粗いスケールかつ SOM で大まかな特徴を捉えただけではあるものの、感度実験で考察される水蒸気フラックスの流入に対する安定度の影響が、実際に梅雨時期に存在すると考えられる。

5. まとめ

南方から紀伊水道へと流れ込む水蒸気は、より安定度が高い場合に、地形に沿った流れが強くなるため、より集まりやすくなり、強い水蒸気フラックスを示す領域が、細く高くなることがわかった。発表では、安定度が高くなり、さらに水蒸気の量も増えるとされている温暖化では、紀伊水道への水蒸気の流れ込みがどのように変化するかを検討した、擬似温暖化実験を用いた比較の結果についても言及する。