

梅雨豪雨域への水蒸気流入経路と大気安定度の関係

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○神谷 太雅
 京都大学防災研究所 正会員 仲 ゆかり
 京都大学防災研究所 正会員 中北 英一

1. 研究の背景と目的

近年、梅雨豪雨による災害が頻繁に起こっており、物的被害に加えて人的被害も多く発生している。この梅雨豪雨の典型的なタイプとして、局所的で突発的な豪雨をもたらすバックビルディング型の線状対流系がよく知られており、数時間にわたって停滞することで甚大な被害をもたらしてきた。このような線状対流系は、梅雨期に収束帯である梅雨前線に向かって南方から大規模な水蒸気が流入し、上昇流や対流が発生しやすくなることで、地形などのあるきっかけによりしばしば発生する。また、持続的な水蒸気の流入により自己組織化を伴った系として維持される。ゆえに水蒸気は豪雨の発生、維持の供給源として必要不可欠であり、水蒸気がどのように地形に沿って豪雨域に流れ込んでいるのかを解明することは、線状対流系の発生、発達メカニズムの更なる理解に繋がり、防災的な観点から非常に重要である。

そこで、本研究では、大気安定度が、陸域への地形に沿った水蒸気の流入にどれだけ影響するのかに着目した。そもそも、流体学的に、大気安定度は大気の流れを変化させる。この性質から着想を得て、本研究では仮説として、大気が安定であるほど、流れは地形などに遮られたときに上昇しようとせず、地形に沿って水平的に流れようとし、水蒸気の流れとしてより地形の内側に集まろうとし、また集まることで膨らむように流れるのではないかと考えた(図1)。そこで大気安定度の条件を変えた感度実験により、仮説の検証を行った。

2. 対象にした事例と感度実験での実験設定

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。

気象庁メソスケールモデル(MSM)の解析値を用い解析を行ったところ、豪雨域への紀伊水道の地形に沿った水蒸気の流入が確認できたためこの事例を対象とした。計算条件としては、初期時刻を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MSMの3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)、その間での差分は線形的に内挿し、気温減率、温位の傾きを変え(表1)、安定度をより高くした。

3. 安定度による水蒸気フラックスの流入の違い

MSMの解析値を用いて過去の複数の豪雨事例において解析を行ったところ、地形に沿った地表面の水蒸気フラックスと三次元的な水蒸気の流れ込みが豪雨の必要条件であると考えられ、亀岡豪雨でも紀伊水道で同じ特徴がみられた(図2)。そこで、先述した大気安定度が異なる感度実験で、豪雨域へと繋がる紀伊水道に沿った範囲(図2赤枠部分)において水蒸気の三次元的な流入の違いはあるのかを検証した。この範囲で、経度方向、かつ時間的に平均した北向きの水蒸気フラックスの南北の鉛直断面を確認したところ、紀伊水道の入り口付近で、より安定である条件の感度実験のほうが、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)。そこで、水蒸気フラックスの膨らみが見えた北緯33.7°付近(図2の青枠)で、北向きの水蒸気フラックスの値を、緯線に沿った東西方向の鉛直断面において確認した(図4)。この断面において、図1で示したような水蒸気の流れの違いが安定度の条件の違いによって起こっているのかを調べるために、図4において水蒸気フラックスの総量が等しくなる断面を白枠で囲むと、より安定である条件下のほうが、より上に膨らみ、且つよ

キーワード 線状対流系, 梅雨豪雨, 水蒸気流入経路, バックビルディング, 大気安定度, 水蒸気フラックス
 連絡先 〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄防災研究所 中北研究室 TEL 07-7438-4264

り細くなっていることが分かった。また、この水蒸気フラックスの膨らみが見えた範囲で、緯線に沿った東西方向の風の収束が、より安定である条件下で大きくなっていた。ゆえに、連続式を考慮すると、大気がより安定な条件では、地形に沿った流れが強くなり、紀伊水道のより内側に流れとして集まり収束が高まり、上部に逃げるように上昇することで、水蒸気フラックスが膨らみ細くなったと考えられ、図1の仮説が正しいと分かった。この安定の条件下における膨らみは水蒸気混合比の値としても見られたが、水蒸気自体の集まりの効果と風としての集まりの効果を反映する水蒸気フラックスとしての膨らみのほうが大きかった。

このように大気の安定度は、地形に沿った陸域への水蒸気の流入に影響を与えられとされる。

4. SOMを用いた過去事例の解析

数値モデル CReSS による感度実験で見えた安定度の効果が、実際に起こった過去の事例においても確認できるかを、2010年から2021年の6月1日～8月31日までの3時間ごとのMSMの解析値に対してSOMというクラスター分類を行うことで調べた。分類には、地表面水蒸気フラックスの水平分布、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、安定度を示す温度の鉛直断面を入力値とした。その結果、亀岡豪雨で見られた南方からの流入が大きい場合には、安定度が高いときのみ、中層でも大きい水蒸気フラックスが確認できた。MSMの粗いスケールかつSOMで大まかな特徴を捉えただけの検証ではあるが、感度実験で見えた安定度が高いときに水蒸気フラックスの流れが膨らむ効果が、実際の梅雨期に存在すると予想される。

5. 結論と今後の課題

より安定である条件下では、地形に沿った流れが強くなり地形の内側に集まりやすくなり、強い水蒸気フラックスを示す領域がより細く高くなることが分かった。今後の課題としては、より大気が安定となる温暖化の環境では、水蒸気流入経路がどのように変わるかを詳しく調べていく必要がある。具体的には、四国山地などを通り抜けて中国地方へと続く水蒸気の抜け道ができるのかどうかを感度実験などにより解析していく。



図1 仮説における、大気が不安定の時(左図)と安定の時(右図)の水蒸気の流れとしての違いの概念図。

表1 再現実験、感度実験での安定度の条件の違い

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

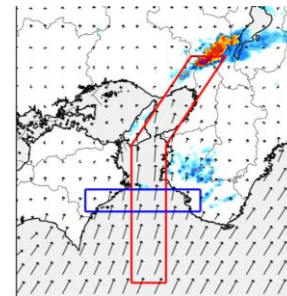


図2 亀岡豪雨と紀伊水道での水蒸気フラックス(矢印)。

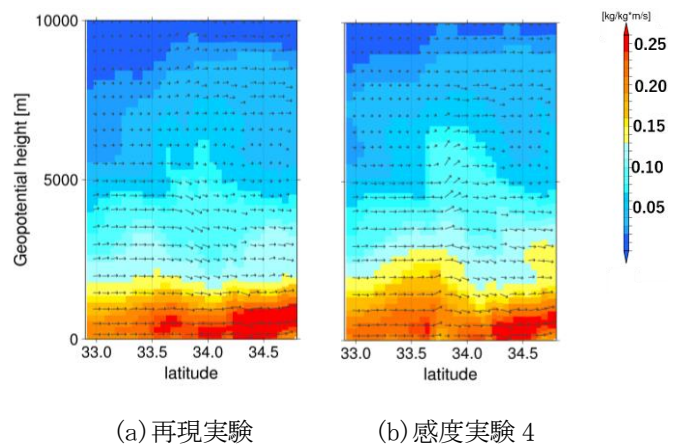


図3 図2の赤枠の領域の鉛直断面の水蒸気フラックスの変化(x軸:緯度、y軸:高度)。

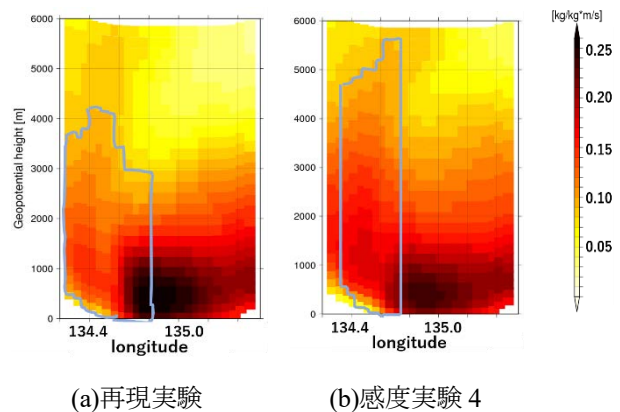


図4 図2の青枠での東西鉛直断面の水蒸気フラックスの変化。