

第Ⅱ部門

LES を用いた山岳波が生起する線状対流系の勃発メカニズムに関する研究

京都大学工学部

学生員 ○河谷 能幸

京都大学防災研究所

正会員 山口 弘誠

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、日本では線状降水帯と呼ばれる豪雨災害が増加している。特に、バックビルディング現象により自己組織化を伴う線状降水帯を線状対流系と呼び、本研究の対象とする。線状対流系の維持機構は定性的には解明されている。発達した積乱雲は地表に降水をもたらす際、下降流を発生させることで下層に収束域が現れ、新たに上昇流を発生させる。このとき、積乱雲の進行と反対側で収束域が生じると雨域が停滞する自己組織化により大規模な被害をもたらす。

一方で、線状対流系の発生予測は困難なものとなっている。その困難さは、地形などの必然性由来の要因と、空気の乱れなどの偶然性由来の要因が存在することによる。そこで、本研究では2012年8月に近畿地方で発生した宇治豪雨を対象に、乱れを RANS よりも正確に表現できる LES を用いて線状対流系の勃発に対する山岳波の寄与に着目し、必然性について検討した。また、初期値にランダムノイズを与えることによって偶然性由来の要因についても検討した。

2. LES によるコントロール実験の計算設定

地形の条件として、国土地理院の基盤地図情報のうち、10m メッシュの数値標高モデルを空間平均することで標高データを作成した。計算格子の間隔は周平方向には 480m、鉛直方向にはストレッチさせ、32~480m とした。格子数は東西、南北、鉛直方向の順に $375 \times 198 \times 75$ をとり、計算領域を設定した。時間積分間隔として、音波に関連する項の計算を $\Delta\tau$ 0.24[s] とし、それ以外を Δt 1.2[s] とした。境界条件は西及び南側を流入境界、東及び北側を放射境界とした。また、事前に行ったメソ気象モデル CReSS による宇治豪雨の再現実験結果を用いて初期・境界条件を作成した。

3. コントロール実験の計算及び解析結果

小規模ではあるものの、線状対流系に見られる特徴であるバックビルディング現象を伴う雨域を表現することができた (図 1(c))。その雨域の勃発についての解析を行った。1)雨域が勃発する時刻 (preset-1, 図 1(a)), 2)雨域が拡大する時刻 (preset-2, 図 1(b)), の2時刻に着目した。

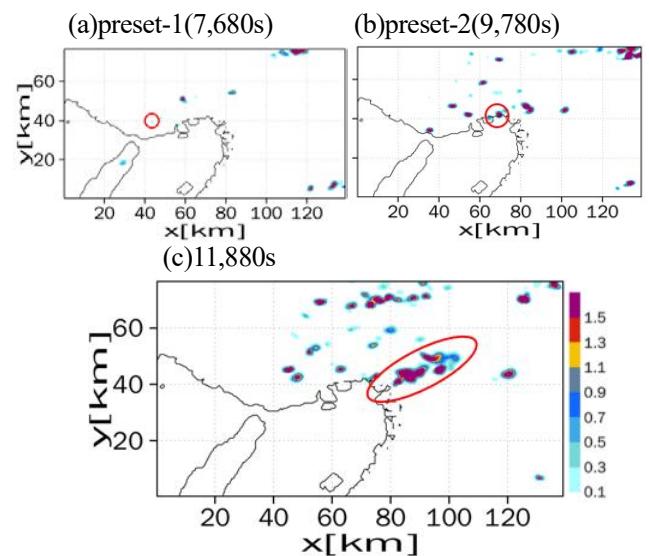


図1 地上における雨水混合比[g/kg].

preset-1 について、最初に雨域が勃発したのは六甲山系の標高 200m に満たない地点であった。地形による強制上昇以外の要因が考えられるため、下層 (高度 208m) における温位の水平分布に着目した。その結果、淡路島北端から六甲山南部にかけて周囲よりも低温位の領域がみられた (図 2(a))。この低温位領域の前線効果 (温位の水平勾配) により上昇流域が形成され、六甲山の強制上昇効果とともに雨域の発生に寄与していることを確認した。以上から、地形及び低温位領域の前線効果により空気塊が上昇し、雨域が発生していると考えた。低温位領域に沿う断面を図 2 (b) に示す。淡路島北部で形成された山岳波により明石海峡を伝播し、前線効果を発揮したと考えられる。

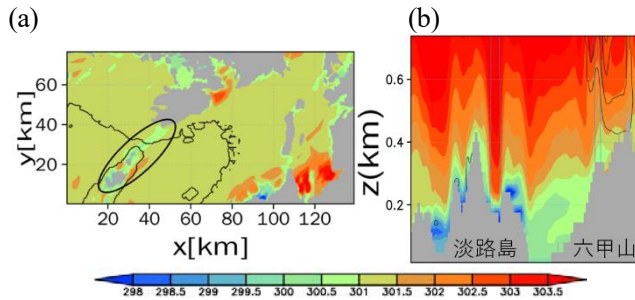


図2 (a)高度 208m における温位[K]. (b)低温位領域に沿った断面における温位[K]の鉛直分布.

preset-2 について、六甲山の東部で2段階に分けて雨域の拡大が確認できた。1段階目は六甲山の近傍で確認でき、その周辺における下層（高度 208m）での温位の水平分布に着目したところ、低温位領域と高温位領域が隣接する部分が存在し、その周辺で雨域が拡大していることが確認できた（図 3(a)）。これは preset-1 で見られた前線効果であった。ここで確認できた低温位領域は降雨による冷氣プール効果及び preset-1 で見られた低温位領域の移流によるものであった。また、高温位領域は淡路島東部で山岳波によって高層の大気が高層まで下降した（図 3(b)）ものが南西風によって移流したため形成された。続いて2段階目については、ポートアイランドから大阪平野北部にかけて確認できた。淡路島東部で形成された高温位塊が下層に侵入して大気不安定となり、低い高度の上昇流域が発生した。その後、雨域が上昇流域に接近し、下層で収束域が生じることで上昇流域の高度が高くなり、雨域が拡大していた。

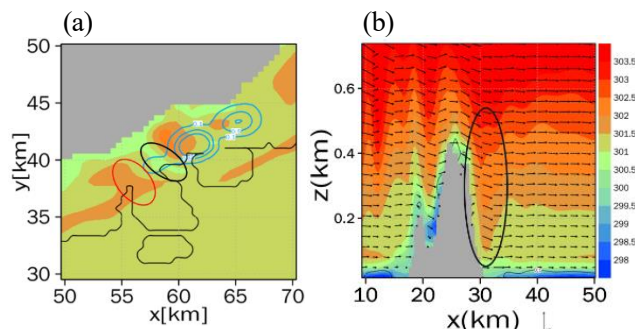


図3 (a)高度 208m における六甲山東部での温位[K]の水平分布。青色の等値線は雨水混合比[g/kg]を示す。(b)淡路島を通る東西断面での温位[K]の鉛直断面。

4. LES による感度実験

前述した低温位領域の前線効果を確認するために淡路島あるいは六甲山を取り除く感度実験を行った。その結果、どちらの感度実験においても線状対流系

は発生しなかった（図 4）。線状対流系の勃発は淡路島による低温位領域及び六甲山による空気塊の持ち上げの両方が必要であることが明らかになった。

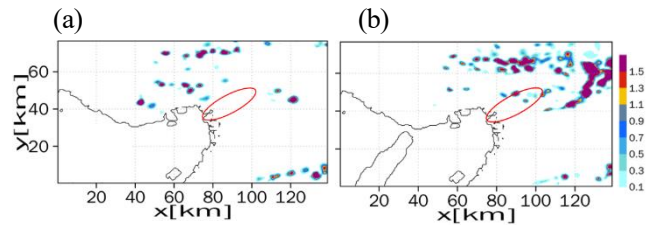


図4 (a)淡路島及び(b)六甲山を取り除いた場合の地上における雨水混合比[g/kg].

また、温位の初期値に-0.1K~0.1K の一様分布に従うランダム微小ノイズを与えることで、線状対流系の自己組織化に関する偶然性を検証する簡単なアンサンブル感度実験を行った。その結果、淡路島で発生する山岳波による低温位領域の形成はすべての事例で確認されたものの、線状対流系が発生しない事例も多くみられた。そのため線状対流系の自己組織化に関して、六甲山及び低温位領域の形成がどちらも存在していることは、必要条件ではあるものの十分条件ではないことが明らかになった。また、わずかな温位の変動がもたらす偶然性によるところも大きいことが示唆された。

5. 結論

LES を用いて線状対流系を表現し、その雨域の勃発及び拡大の要因を明らかにした。勃発については淡路島の地形による山岳波が低温位領域を形成することで、標高の低い地点においても空気塊の持ち上げが強化されることで雨域が発生した。また、拡大については、淡路島による山岳波が形成した高温位塊が南西風によって移流し、勃発時と同様の前線効果や大気不安定による浮力が上昇流を発生させた。

また、淡路島あるいは六甲山を取り除く必然性に関する感度実験及びランダムノイズを与えることによる偶然性に関する感度実験を行った。前者においては2つの地形の重要性が示された。また、後者においては線状対流系が発生しない事例も見られた。

参考文献

山口弘誠・高見和弥・井上実・中北英一(2016): 豪雨の「種」を捉えるための都市効果を考慮する LES 気象モデルの開発, 土木学会論文集, B1(水工学), 第 72 巻, pp.I_205-I_210