

大阪都市部における顕熱輸送の改変が夏期午後の降水に与える影響 Effect of Sensible Heat Transport Modification on Summer Afternoon Rainfall in Osaka Urban Area

○入江 健太・竹見 哲也
○Kenta IRIE, Tetsuya TAKEMI

This study investigates the effect of modified sensible heat transport on precipitation during a heavy rain event in Osaka on August 27, 2023. Using WRF simulations, we conducted 15 experiments with varying reduction rates (10–50%) and modification regions. The results indicate that both accumulated and extreme (99.9%ile) precipitation decreased as modification rates increased and modification regions expanded. This study suggests that regulating sensible heat transport could be an effective approach to mitigate urban precipitation events.

1. はじめに

夏期の午後、都市で急速に発達する積乱雲は局所的な洪水や浸水を引き起こす可能性がある。都市化やヒートアイランド現象により、都市での降水量が増加する傾向が指摘されている。一般的に、都市は農村と比べて、地表面温度が高く、地表面アルベドが低いほか、蓄熱量が多いなど、熱的特性に違いが見られる。そのため、都市で発生する降水、特に急速に発達する雷雨は、都市の地表面からの顕熱輸送と関係していると考えられる。このような背景から、都市からの顕熱輸送を抑制することで降水量の増加を抑える効果が期待される。

著者らは令和5年度防災研究所研究発表講演会において、2023年8月27日に大阪で生じた降水イベントを対象とした顕熱輸送改変実験の結果を報告した。その研究ではアメダス大阪観測所(34.68°N, 135.52°E)を中心とした約200 km四方の領域内で顕熱輸送を50%に減少させた場合、大阪中心部(アメダス大阪を中心とした半径20 kmの円領域; R20)の領域平均降水量が約22%減少することが示された。

本研究は上述の研究を発展させ、同じ降水イベントを対象に、顕熱輸送の改変割合や改変領域を系統的に変化させた実験を行ったものである。本研究の目的は、これらの実験結果に基づいて、顕熱輸送改変が降水に及ぼす影響を分析し、降水抑制の可能性を示すことである。

2. 手法

2.1 モデル設定

本研究では領域気象モデル WRF (Weather Research and Forecasting; Skamarock et al. 2019) を用いた。計算領域は3段階の入れ子構造で設定し、日本域を完全にカバーする領域 (D01、図1a)、九州から東北をカバーする領域 (D02、図1a)、アメダス大阪を中心とする近畿地域をカバーした領域 (D03、図1a) として設定した。水平解像度はD01で4.5 km、D02で1.5 km、D03で500 mである。鉛直座標は下層ほど密に格子を配置しながら70層を設定した。

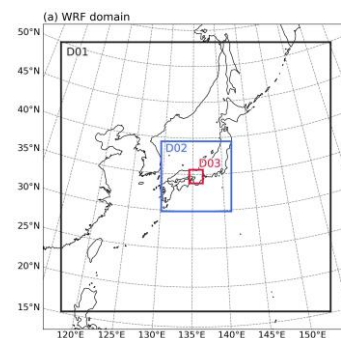


図1. WRFの計算領域。黒枠はD01、青枠はD02、赤枠はD03を示す。

初期値・境界値には欧州中期予報センターが作成した、ERA5再解析データ (Hersbach et al., 2020) を用いた。今回の実験で都市キャノピーモデルは使用していない。解析時刻は2023年8月27日9時から21時JSTである。また、積乱雲発生のランダム性を考慮して、計算開始時刻を8月26日09時JSTから27日06時JSTまで3時間ずつずらしながら8つのアンサンブルメンバーを作成した。

2.2 顕熱輸送改変実験

本研究では、顕熱輸送を改変した実験と改変していない実験（CTL）とを比較することで、改変の効果を量的に評価する。改変実験は、CTLと同じ初期値と境界値を用いて行った。顕熱輸送の改変は、WRF の地表面過程において顕熱輸送を計算する際に係数を乗すことにより表現した。顕熱輸送の改変率は CTL の顕熱輸送に対して 10%から 50%まで 10%ずつ減少させて設定した。減少させる割合のことを改変割合と呼称する。さらに、D03 全体を改変した実験（ALL）、D03 の全都市グリッド（図 1b）のみを改変した実験（URB）、D03 のアメダスを中心とした 20 km 四方領域内の都市グリッドのみを改変した実験（O20）を行った。これらを組み合わせて、合計 15 通りの改変実験を行った。

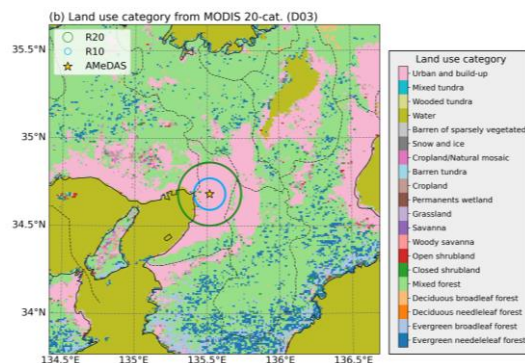


図 2. D03 における土地利用分布。中央の緑円は R20 を示す。

3. 顕熱輸送改変が降水に与えた影響

3.1 積算降水量

15 通りの改変実験における R20 領域平均の積算降水量と、CTL での R20 領域平均積算降水量との比を表 1 に示す。ALL の全ての改変割合で、積算降水量は CTL より小さくなった。同様に、URB でも積算降水量は全ての改変割合で CTL を下回り、O20 でも全ての改変割合で CTL を下回った。どの改変領域においても線形的な減少傾向を示した。また、ALL と URB では顕熱輸送を 10%減少させた場合から 50%減少させた場合にかけて、大きな減少傾向が示された。一方で、O20 は減少傾向が ALL や URB よりも小さいものの、例えば顕熱輸送を 10%減少させた場合には積算降水量が 18%減少した。

3.2 極端降水量

次に、15 通りの改変実験における R20 内の極端降水量と CTL での極端降水量との比を表 2 に示す。極端降水量は積算雨量と異なりアンサンブル平均を用いず、8 メンバーの R20 内全都市グリッド上の降水量から、99.9 パーセンタイルを示す値として定義した。ALL では全ての改変割合で極端降水量が CTL を下回った。同様に URB および O20 でも極端降水量は CTL を下回る結果となった。顕熱輸送を 10%減少させた場合から 50%減少させた場合にかけて、極端降水量の減少傾向は ALL、URB、O20 の順で大きかった。例えば、O20 で顕熱輸送を 10%減少させた場合、極端降水量は 9%減少した。

4. まとめ

本研究では、顕熱輸送を減少させることで積算降水量および極端降水量が減少することを明らかにした。改変領域が広いほど、また改変割合が大きいほど、降水量は減少した。最も改変効果が小さい O20 においても、顕熱輸送を 10%減少させることで積算降水量は 18%、極端降水量は 9%減少した。これらの結果は、都市での降水イベントを抑制するための新たなアプローチとして顕熱輸送の改変が有効である可能性を示唆する。

表 1. CTL に対する改変実験の積算雨量の比 (%)

	ALL	URB	O20
CTL	100	100	100
10%減少	66	77	82
20%減少	61	58	66
30%減少	46	67	53
40%減少	26	39	63
50%減少	22	18	46

表 2. CTL に対する改変実験の極端降水量の比 (%)

	ALL	URB	O20
CTL	100	100	100
10%減少	77	81	91
20%減少	76	74	80
30%減少	63	96	74
40%減少	46	56	88
50%減少	44	43	66

謝辞

本研究は、JST ムーンショット型研究開発事業【JPMJMS2283】の支援を受けました。