

都市気象 LES モデルを用いた豪雨の種の発生・発達要因の解明と気候変動影響評価
Investigation on the Occurrence and Development of Convection Genesis
and Impact of Climate Change by Using Urban Meteorological LES Model

○千賀幹太・山口弘誠・中北英一

○Kanta SENGA, Kosei YAMAGUCHI, Eiichi NAKAKITA

The objective is to quantitatively investigate on the dominant factors and mechanisms of the occurrence and development of convection genesis, and to assess the effects of climate change. First, using a 2-km resolution Non-Hydrostatic Regional Climate Model, we extracted the environmental fields that could cause guerrilla rainfall in the present and future climates respectively, and created many representative environmental conditions. Then, using these many conditions as a boundary condition and an initial condition, many cloud simulations were conducted representing Kobe City and the Mt. Rokko. As a result, we confirmed that updraft tends to occur in areas with dense buildings. In addition, we quantitatively check the relationship between the occurrence tendency and the meteorological field, and confirmed that the strength of the southerly wind has a significant effect.

1. 研究背景と本研究の目的

局地的豪雨（ゲリラ豪雨）はその時間・空間スケールの小ささから予測が困難であり、その結果近年都市に重大な被害をもたらしている。2008年の都賀川豪雨では短時間で河川が急激に増水し、人命が失われる悲惨な事故となった。

ゲリラ豪雨を引き起こす積乱雲の起源となる豪雨の「種」に着目し研究が行われている。都市の影響が示唆されており、数値モデルによるメカニズムの解明が試みられている。山口・高見ら(2016)は都市を解像し、積雲の生成までシームレスに再現できる乱流モデルである都市気象LESモデルを開発した。これを用いて山口・土橋ら(2019)は、上昇流の発生には建物によるもぐりこみ流れや風の水平収束、熱的な浮力が効くと結論付けた。

また、ゲリラ豪雨を引き起こす単独積乱雲の気候変動影響に関する研究も行われている。中北・橋本ら(2020)は、将来気候における単独積乱雲の降雨強度が、露点温度の上昇により増加した水蒸気混合比の量以上に強化されることを確認した。その理由として、将来気候では現在気候に比べて、雲内の潜熱放出量が増加し、雲のコアの浮力が増すことで上昇流が強化されることを明らかにした。

以上のように、ゲリラ豪雨を引き起こす単独積乱雲を対象にして、豪雨の種である上昇流や渦管の生成・発達メカニズムや、単独積乱雲の気候変動影響が明らかにされつつある。しかし、豪雨の

種の発生しやすい場所や気象場についての定量的解析や、豪雨の種の発達についての支配的な要因の定量的解析は未だなされていない。また、豪雨の種自体に対する気候変動の影響も未解明である。

そこで本研究では、豪雨の種に焦点を当て、上昇流の発生・発達についての支配的な要因やメカニズムを定量的に解明することと、豪雨の種自体への気候変動の影響を評価することを目的とする。

2. 研究手法

解析のデータベースとして都市気象LESモデルを用いたアンサンブル実験を行う。まず、2km解像度領域気候モデルを用いて、現在気候と将来気候それぞれでゲリラ豪雨が発生し得るような環境場を抽出し、これらを網羅的に表現するような代表的な環境場を多数作成する。これらを初期値・境界値として、図 2.1 のように神戸市と六甲山系を対象にした積雲シミュレーションを多数行う。

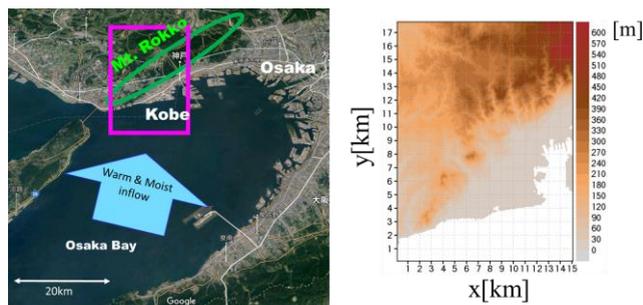


図 2.1 対象領域とモデル領域の標高

3. 豪雨の種の発生要因の解明

現在気候の 22 個のアンサンブル計算において、上昇流の発生が発生した場所と個数を図 3.1 に示す。発生個数についてはよく発生している場所を視覚的に捉えやすくするために重みづけして表現している。図 3.1 のように豪雨の種が発生しやすい場所があることを確認できた。

では、上昇流の発生メカニズムについて述べる。山地では、ほとんどすべての上昇流が標高の高いエリアの背後で発生している。これは、南風が山地を回り込み、山地背後で収束するためである。図 3.2 に神戸市都市域における建蔽率と 5 階建て以上の建物の建蔽率を示す。都市域では、建物が密集している場所では上昇流発生数が多く、特にある程度高い建物が密集している場所が多い。これは、建物手前の強制上昇や建物を回り込んだ南風の建物背後での収束と高い顕熱フラックスをきっかけとして、上昇流が発生しているためである。

次に、上昇流発生数と環境場の関係について述べる。図 3.3 は、現在気候と将来気候それぞれにおいて、都市域の下層(地表面から 100m)における南風の強さと、都市域における上昇流発生数の関係を示している。この図のように南風が弱いほど上昇流発生数が多い傾向にある。この理由を述べる。上昇流が上昇するためには大きな浮力を得る必要がある。都市域では、建物手前の強制上昇や建物背後の収束によって上昇流域が生じるが、その時点では大きな浮力を持っていない。そこへ、地表面近くの暖かい空気が運ばれることで初めて大きな浮力を得ることができる。南風が強い環境場では、拡散や移流の効果が大きいため、地表面近くの暖かい空気が上層にまとまって運ばれない。すると、上昇流は大きな浮力を得ることができないため上層まで上昇できず、結果的に上昇流発生数が少なくなる。ただし、南風が強い環境場でも、建物が密集しているエリアでは、建物によって局所的に南風が弱くなるため、そのエリアでは上昇流が良く発生しており、都市の形状効果の寄与の大きさを再確認した。以上のように、南風の強さが上昇流の発生に大きな影響を与える。

4. おわりに

今後、上昇流の発達要因の定量的な解析を行い、支配的な要因を明らかにする。また、将来気候下における上昇流の発生・発達要因の解析を行い、豪雨の種に対する気候変動の影響を評価する。

参考文献

- 1) 山口弘誠・高見和弥・井上実・須崎純一・相馬一義・中北英一(2016): 豪雨の「種」を捉えるための都市気象 LES モデルの開発と積雲の生成に関する研究, 京都大学防災研究所年報, 第 59 号 B, pp .256-297.
- 2) 山口弘誠・土橋知紘・中北英一・高見和弥 (2017): 都市気象 LES モデルを用いたゲリラ豪雨の種の解析, 京都大学防災研究所年報, 第 60 号 B, pp .584-598 .
- 3) 中北英一・橋本郷志・小坂田ゆかり(2020): 気候変動に伴う大気安定化と水蒸気浸潤がゲリラ豪雨特性に及ぼす影響, 京都大学防災研究所年報, 第 63 号 B, pp .241-271 .

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」で作成された「創生プログラム 2km 格子 NHRCM 日本域気候予測データセット」を利用した。ここに記して謝意を示す。

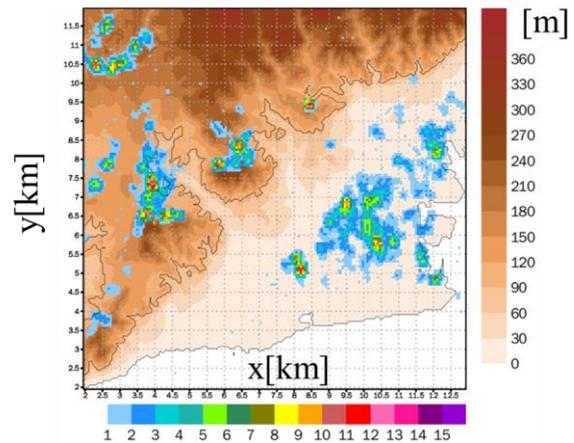


図 3.1 上昇流発生数分布

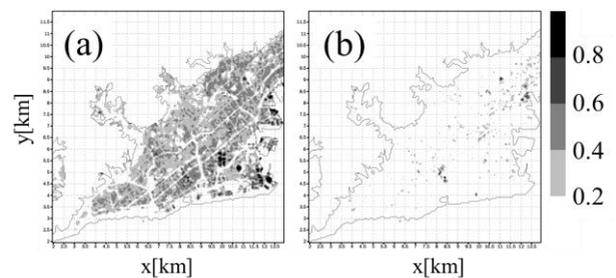


図 3.2 (a)建蔽率(b)5 階建て以上の建物の建蔽率

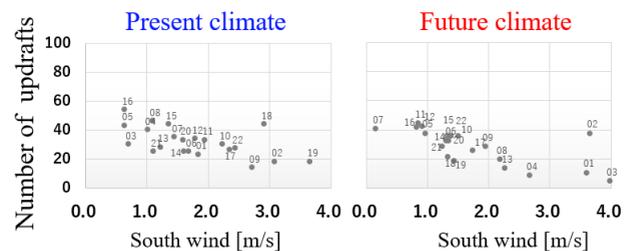


図 3.3 上昇流発生数と南風の強さの関係