

一般共同研究（課題番号：30G-03）

課題名：境界層を突破する熱的上昇流の発見による豪雨生成メカニズムの解明

研究代表者：梶川 義幸

所属機関名：神戸大学都市安全研究センター

所内担当者名：山口 弘誠

研究期間：平成30年4月1日～令和2年3月31日

研究場所：神戸大学都市安全研究センター，京都大学防災研究所

共同研究参加者数：10名（所外4名，所内6名）

- ・大学院生の参加状況：4名（修士3名，博士1名）（内数）
- ・大学院生の参加形態 [シミュレーションと観測の補助]

研究及び教育への波及効果について

解像度60mの都市気象モデル計算と現地観測に基づいて、非常に詳細なスケールで、都市の熱・形状効果が積雲生成における熱的上昇流と渦管形成に及ぼす影響が大きいことを明らかにした。現地観測の立案における考え方を学生に教育した。

研究報告

(1)目的・趣旨

ゲリラ豪雨予測が困難とされる本質的理由である「ゲリラ豪雨の種（発生のきっかけ）」のメカニズムを解明することを目的として、都市の効果がどのように関与しているのかを明らかにすることを目的とした。特に、都市のヒートアイランド効果で生まれる熱的上昇流が境界層を突破する過程に着目し、観測と数値モデルの両アプローチからその物理的メカニズムを明らかにしていくことを試みた。さらに、境界層を突破した上昇流が積雲・積乱雲を生成する過程に関して、気流の渦管構造に注視した。

(2)研究経過の概要

平成30年度には、第一に、夏季に神戸で集中観測を実施した。ラジオゾンデ観測を神戸市の風上側と都市部の2地点で1時間毎放球を実施し、地表面近くでは都市部の方が7度も高温であったことや、都市部上空で1時間ごとに境界層が発達していく様子を捉えることに成功した。境界層レーダー観測では、高度500m以下において、都市のサーマル（熱的上昇流）が頻繁に生成されていることを捉えた。第二に、都市気象LESモデルを用いて神戸市を対象とした都市境界層のシミュレーションを実施した。サーマルの空間スケールと時間スケールを妥当に再現することができ、そのために境界層の発達速度についても観測と比較して妥当な計算結果であったことを示した。加えて、サーマルが都市部から立ち上がり鉛直渦管が作られ、さらに積雲を生成するという一連の流れをシミュレーションで明らかにした。

(3)研究成果の概要

令和元年度には、第一に夏季に集中観測を行い、通常のラジオゾンデに加えて、雲粒子の個数や形状を測定できる雲粒子ゾンデを用いて、積雲生成時の雲粒子特性を測定した。加えて、粒径の小さな雲粒子を対象とする雲レーダー観測と同期させることで、直接観測とリモセン観測の比較データを蓄積し、積雲内の雲粒子に関する空間的分布と時間発展の特徴を解析した結果、積雲下部において高度ごとが少し増すごとに雲粒径の変化が大きいことを明らかにした。第二に、都市気象LESモデルを用いて都市の熱効果と形状効果を適切に反映させた積雲生成シミュレーションを実施した。その結果、都市効果によって生成した熱的上昇流が境界層を突破する要因は、熱的上昇流の気塊自体の浮力による内的要因と、高密度・高頻度に上昇流が発生し、先行する上昇流による安定層の解消と水蒸気の持ち上げによる豊富な水蒸気量という外的要因に分類し、それぞれの影響を明らかにした。さらに、鉛直渦管の正負のペアの存在を確認でき、渦管の強さと熱的浮力の相関関係も示唆することができた。以上2年間の研究成果として、局所スケールに着目し、これほど精緻な観測とモデルの両面からアプローチした解析を

実施したことの科学的意義は大きく、同時に、都市効果が熱的上昇流や渦管形成に及ぼす効果・メカニズムを明らかにした。

(4)研究成果の公表

Yamaguchi, K., K. Senga, Y. Kajikawa, E. Nakakita: Merging processes of thermals that develop into convective storm using urban meteorological LES model, SOLA. (執筆中)

山口弘誠, 小西大, 土橋知紘, 中北英一, 2019: 都市気象 LES モデルを用いた大気境界層を突破する熱的上昇流の発見と渦管解析, 京都大学防災研究所年報, 第 62 号 B, pp.493-532.

山口弘誠, 土橋知紘, 中北英一, 2019: 都市気象 LES モデルを用いた渦管形成とその起源となる熱的上昇流の解析, 京都大学防災研究所年報, 第 62 号 B, pp.468-492.

山口弘誠, 小西大, 土橋知紘, 中北英一, 山本真之, 川村誠治, 雨谷純, 杉谷茂夫, 大東忠保, 小川まり子, 2018: 都市気象 LES モデルと境界層レーダーを用いた大気境界層を突破する熱的上昇流の発見, 京都大学防災研究所年報, 第 61 号 B, pp.448-478.