

東京都心域の短時間強雨を捉える —観測データによる実態把握と事前予測に向けた研究—

首都大学東京 都市環境科学研究科 高橋日出男

1 はじめに

東京都区部では、夏季を中心とする雷雨性の短時間強雨に伴い、中小河川や下水路の急激な増水・溢水による事故、家屋の床上・床下浸水や道路の冠水などの都市型水害(内水氾濫)が頻発している。短時間強雨はしばしば顕著な雷活動を伴うことから、送電線や変電設備への落雷による停電や鉄道運行の停止、各種オンラインシステムへの影響や火災の発生など、都市機能や市民生活を大きく混乱させる原因ともなる。このような都市型の水害・災害の増加に関わる要因として、都市の存在が積乱雲のような対流性の降水システムの発生・発達に関与している可能性が議論されている。本研究は、都市が短時間強雨に与える影響の解明や強雨発生の事前予測を目的としている。この発表では、東京都区部とその周辺に存在する多数の気象観測データを用いた強雨頻度の統計的解析や、都区部内で発生した短時間強雨(2008年8月5日)の事例解析をもとに、東京都心域における強雨発生の地域的差異や降水システムの挙動、突発的な強雨発生の前兆などに言及したい。

2 東京都心域における強雨発生の地域的差異

これまでに海外の都市で行われた調査によると、都市域の風下側に強雨や雷雨の発生頻度の極大域が認められ、ニューヨークなどの巨大都市では雷雨活動の変化が都市域の内部に現れる可能性も指摘されている。強雨発現の詳細な地域性は、都市防災とともに、都市が強雨に与える影響の解明に対しても重要な情報となる。そこで、複数のデータソース(気象庁アメダス、東京都建設局、JR 東日本)による多数地点の降水量データ(1991~2002年)を用いて、夏季(6~9月)における時間降水量20mm以上の強雨頻度分布を解析した。

まず、図1中の枠内にある90地点のうち、1地点以上で時間降水量20mm以上を観測している事例(時間)を抽出した。そこから台風や梅雨前線などによる広域的な多降水の場合を除外し、226事例(時間)の強雨を選出した。図1は、この226事例に対する、各地点における時間降水量20mm以上の頻度(事例数)の割合(%)を分布図で表している。強雨の高頻度域は都区部北側から西側にかけて認められ、東京都と埼玉県の都県境付近にも高頻度域がある。都区部内においても、場所によって発現頻度に2~3倍の差異があり、明らかに地域的な分布構造が認められる。

図2では、強雨発現に先立つ気象庁(大手町)の風向により、4方位の東風と南風、北風の場合に分けて、同様に頻度割合(%)を求めた。東風時(図2a:105事例)には、新宿の4~5km風下側にあたる中野付近から5km程度南側にかけて強雨頻度の局地

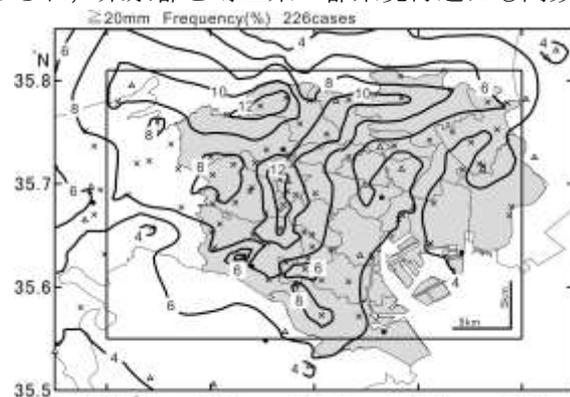


図1 東京都心域における時間降水量20mm以上の強雨頻度割合(%)の分布

的な極大域が現れている。南風時(図2b:77事例)では、都区部を吹走する南風と埼玉県東部の東風との収束帯に対応して都県境付近に強雨高頻度帯が存在するが、そのなかでも池袋や新宿の3~5 km 風下側にあたる板橋付近に局地的な高頻度域が現れている。北風時(図略:29事例)には、渋谷や新宿の5 km 程度風下側に局地的な極大域が位置している。このように、数 km スケールの局地的な強雨高頻度域が、風向に対応して新宿や池袋、渋谷などの風下側に認められる。その要因として、接地層の水平風速を減じて収束を発生させ、上昇流の形成に関与する大きな地表面粗度(高層建築物群など)の影響が示唆される。

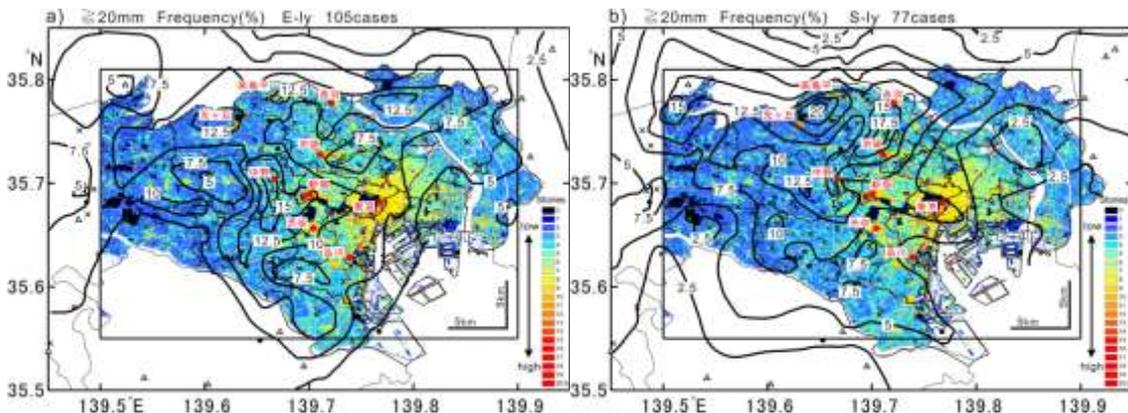


図2 東風時(a)と南風時(b)における時間降水量20 mm以上の強雨頻度割合(%)の分布図の背景は50 m四方の領域における最大の建築物階数の分布を表す。

3 都区部内で発生した短時間強雨の事例解析(2008年8月5日の短時間強雨)

2008年8月5日正午頃に発生した短時間強雨では、豊島区雑司が谷で下水道工事中の5名の方が急激な増水によって犠牲になるなど顕著な被害が発生した。図3は、東京都建設局、区、気象庁アメダス、民間企業などによる都区部内120地点の降水量データを用いた12~13時の1時間降水量分布である。強雨の中心は新宿区と文京区の境界付近にあり、時間降水量109 mmを記録している。最初の降水域は領域⑥に現れ、複数の降水域が形成されたが、新宿付近から発達しつつ東進・停滞した降水域が領域③で約40分間にわたり強雨(10分間で20~30 mm)をもたらした。東京都環境局(大気汚染常時監視測定局:常監局)など多数地点の気象観測データを10分間隔で解析すると、この強雨域から西側と南東

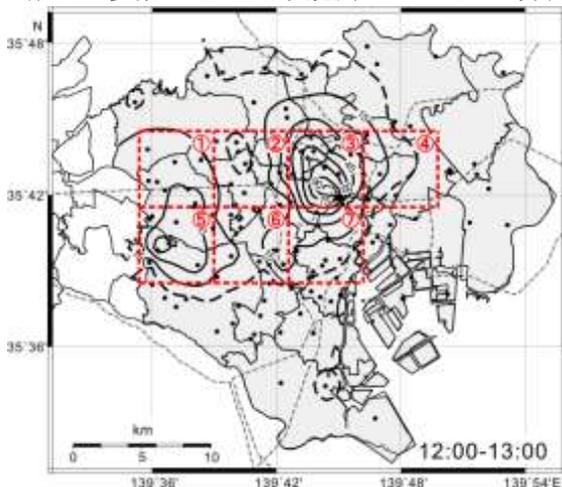


図3 2008年8月5日12~13時の1時間降水量分布
等値線は15 mm 間隔(破線:5 mm)。①~⑦の領域(5 km 四方)については本文参照。

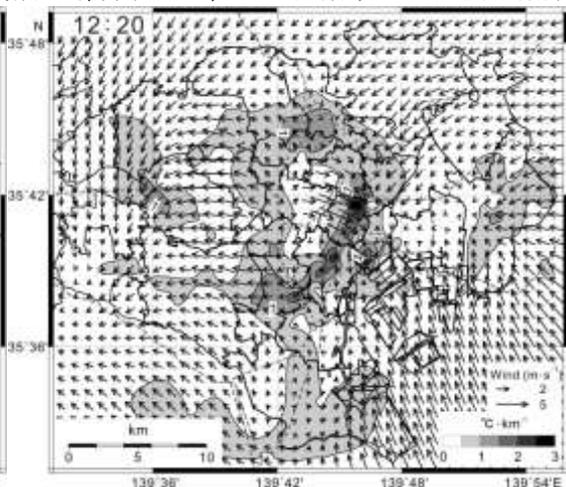


図4 2008年8月5日12時20分における風系分布(59 観測点から風ベクトルを格子点に内挿)と1 kmあたりの気温傾度の大きさ(灰色の濃淡で表現)の分布

側へ向かう顕著な冷気の吹き出し(冷気外出流)が発生している(図4). 西側へ向かう冷気外出流は, 次第に拡大して埼玉県方向からの北寄りの風系と収束し, 都区部西端(領域⑤)に新たな強雨域を形成した. 一方, 南東側に向かう冷気外出流(気象庁で 7 m/s 以上)はほとんど拡大せず, 大きな気温傾度(図4)を伴うガストフロント(冷気外出流の先端)が停滞した. このガストフロントに近い東京タワー(常監局立体局)における高度別(25 m, 107 m, 250 m)の風によると, 下層では南東へ向かう冷気外出流に相当する北～西寄りの風を示すが, 高度 250 m では東京湾から強雨域へ向かう南東寄りの風が認められる. 以上から, ガストフロントが停滞したことによって, 冷気外出流に伴う冷気の溜まり(冷気プール)が, 強雨域近傍の同一場所で持続的に南東風を持ち上げていたことが考えられる. ガストフロントの停滞位置は, 神田一霞が関一六本木の比較的高層の建築物群が密集した領域であり, 地上付近の密度が大きく重い冷気の拡大を, 建築物群が抑制した可能性が考えられる.

4 強雨発現に先立つ地上風収束量の増大

強雨をもたらす積乱雲の発生・発達段階では, 通常, 大気下層における空気の収束に伴って上昇流が現れ, これにより積乱雲内部に降水粒子(雨粒)が形成される. そこで, 収束量の時間変化と強雨発生との関係を, 2008年8月5日の短時間強雨を事例として都区部内外に存在する常監局などの地上風観測データ(59地点)を用いて解析した.

図5は, 図2中の①～⑦の各領域で平均した10分ごとの収束発散量(折れ線: 負値が収束, 正値が発散)と降水量(黒棒)の時間推移を表している. 降水強度が小さい領域②では, 顕著な収束量の増大は認められない. これに対して一定以上(概ね10分間で5 mm以上)の降水強度がある他の領域では, それぞれの降水開始数十分前から収束量が一方的に増大し, 降水の開始に対応する収束量極大後の20～30分間で降水量が急増している. また, 各領域の収束量と降水量の最大値には, 比例関係が認められた(図6). 以上のことは, 詳細な地上風のモニタリングによって, 強雨開始の数十分前に強雨発現の位置やタイミング, 降水強度をある程度予測できる可能性を示唆している. ただし, 今回は1事例の解析結果であるため, 多数の強雨事例に基づく検討が必要である.

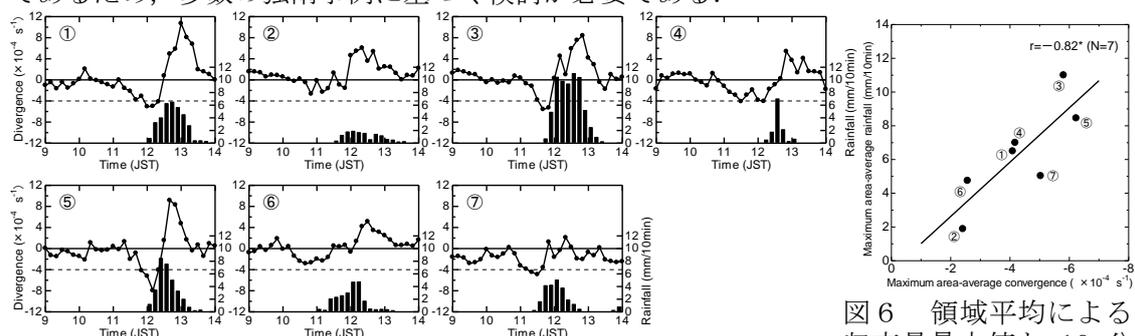


図5 領域平均した収束発散量(折れ線(左縦軸): 負値が収束, 正値が発散)と降水量(黒棒(右縦軸))の時間推移(10分間値)

図6 領域平均による収束量最大値と10分降水量最大値との関係

5 おわりに

降水(強雨)現象に与える都市の影響として, ①都市のヒートアイランド現象, ②建築物群による大きな地表面粗度, ③凝結核となる大気汚染物質の関与が指摘されており, ここでは②の観点から議論を試みた. 短時間強雨の予測に際して, レーダ観測とともに, 実証的研究や予測検証のために立体観測を含む稠密な気象観測網の一層の拡充が期待される.