

関東地方における集中豪雨の分類と豪雨の発生特性に関する研究

中央大学理工学部 学生会員 ○保田 敬介
中央大学大学院 学生会員 植平 健一郎

中央大学大学院 学生会員 糸川 和弘
中央大学理工学部 フェロー会員 山田 正

1. はじめに

1980年代から東京、さいたまなどの都市部では、1,2時間程度の短時間に30mm/hr以上の雷をともなう激しい雨が頻発している。それらの豪雨は都市河川の氾濫による洪水災害や、地滑りなどの土砂災害を頻繁に引き起こしている。またこれまでゲリラ豪雨に代表されるような降雨は空間スケール、時間スケールが小さいことから正確な解析があまり行われてこなかった。これらの都市型災害発生要因となるメソβスケール降雨の発生要因、発生場所、維持機構、移動機構の解明はこのような災害を軽減するうえで極めて重要である。そこで本研究では雷雨を四種類のパターンに分類し、さらに発生時間、発生地点、降雨強度32mm/hr以上の雷雨性降雨の空間分布について明らかにすることを目的とする。

2. ドップラーレーダ概要

著者らは1995年に中央大学理工学部後楽園キャンパス(東京都文京区)に設置された、観測範囲128km、周波数9445MHz、波長3.2cm、観測分解能が距離250m(Intensity Mode)、125m(Doppler Mode)、角度方向0.7°、レーダ雨量換算定数 $B=200$ 、 $\beta=1.6$ のXバンドドップラーレーダを用いて関東平野の降雨を観測してきた。

3. 集中豪雨の4つのパターン

既往の研究から東京周辺におけるメソβスケールの降雨は降雨の発生場所、雨域の形状、雨域の移動形態から、図1に示すように3つのタイプに分類されている。また、本研究ではメソαスケールの降雨において雨域が線状に広がり同一範囲で長時間にわたり豪雨をもたらす線状降水帯による集中豪雨を新たに定義し、集中豪雨を4つのパターンに分類した。東京周辺で発生するメソβスケールの降雨の多くは、偏西風と大気境界層内を吹送する海風に起因した風のシアが降雨の維持に大きく寄与している。関東平野の夏季の雷雨は前線組織型の雷雨が多く、北部で降雨が発生、発達、組織化し帯状の大きな雨域を形成する。南から雨域に侵入する湿った風が新しい降雨の源となり、降雨システムが持続し進行する。雨域が南下して徐々に衰退していく場合と、首都圏付近で進行方向が東側に変わる場合がある。雨域の

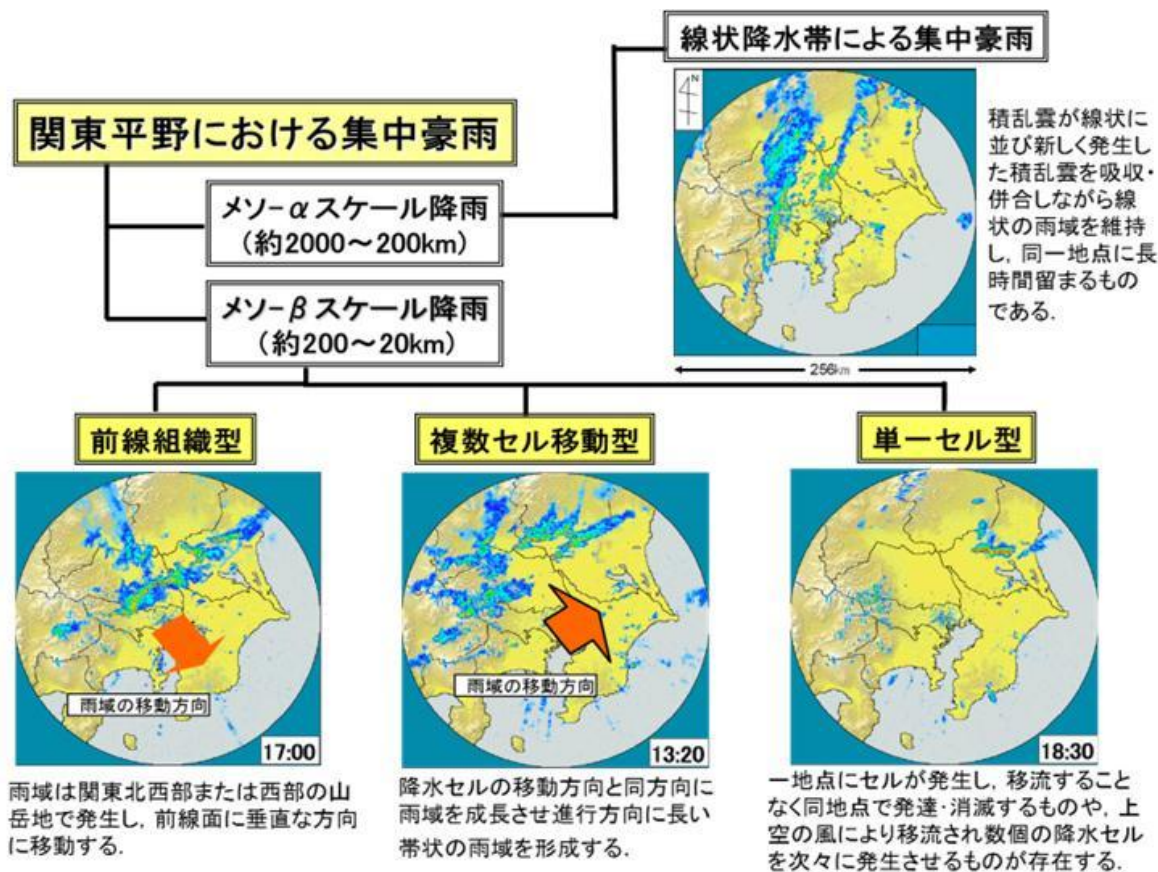


図1 関東平野における集中豪雨の分類

移動は地上風の進入方向が大きく影響している。これらのケースと、西部山地で発生し東進する場合を含め、前線組織型はこのように3つのタイプに分けられる。一旦降雨が組織化すると進行速度が速まることが多く、平野の一地点での降雨継続時間は数十分程度となることが多い。複数セル移動型は偏西風が比較的強いのが特徴で、降雨が同じ地点で降り続けるため、降雨直下の地域は注意が必要である。単一セル型降雨にも地域性があり、山間部だけでなく、沿岸部(千葉市付近、藤沢市付近)や房総半島においても発生しやすい傾向がある。降雨の分類を以下にまとめる。

- ・前線組織型：関東平野北西部または西部の山岳地で発生し、前線面に垂直な方向に移動する。
- ・複数セル移動型：降水セルの移動方向に雨域を成長させ進行方向に長い帯状を形成する。関東平野のいたるところで発生する可能性がある。特に東京都心、または都心近郊では前線組織型降雨が南下してくる時に突発的に発生することがある。
- ・単一セル型：一地点にセルが発生し、移流することなく同地点で発達・消滅する。

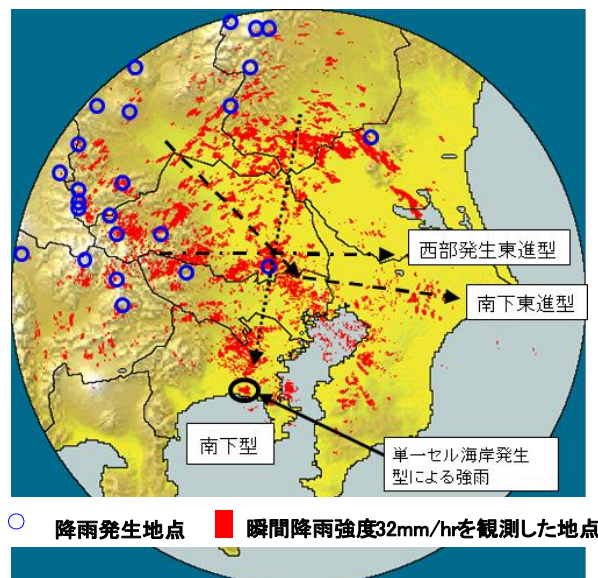


図2 前線組織型降雨の強降雨強度

3.1 線状降水帯による集中豪雨

上記の三つのパターン以外に集中豪雨をもたらすパターンがあることを近年の観測結果から得た。このタイプの豪雨は前線や低気圧のような降雨のスケールが200~2000kmの大きさの降雨現象で生じるもので、長時間にわたり広い範囲に大量の雨を降らせる。このタイプの豪雨は積乱雲が線状に並び新しく発生した積乱雲を吸収・併合しながら線状の雨域を維持し、同一地点に長く留まるものである。線状の降水帯は広い範囲に強い雨を引き起こすことから大きな被害をもたらせる可能性が高い。

4. 降雨発生地点と強雨発現地点の関係

夏期の降雨を降雨移動分類別に降雨発生場所と強雨発現地点とを比較した。

4. 1 前線組織型降雨

前線組織型降雨の降雨発生地点及び強雨発現地点を図2に示す。

北部の山間部及び北西部の山間部の各地で発生した降雨が発達し、平野部に南下して来た地点つまり埼玉県北部と栃木県南東部、群馬県南西部の県境付近で各雨域が次第に前線状に組織化してまとまった一つの降雨となりその降雨構造が強化することで、前線面を形成し強雨域が現れ始める。降雨発生から強雨となり組織化する時間間隔はおおよそ2~4時間であるが、一度組織化の傾向が生まれると強比較早い。また、この前線の通り道である埼玉県平野部、東京都心付近、神奈川県中部平野域に強雨域がある。降雨の発達が弱い場合は前線構造が保てず関東北部で消滅する。組織化の規模が小さい場合は南下距離が短く、この場合複数の小さい前線性降雨が発生していることがある。前線が南下し東進する場合は千葉県北部に強雨が現れ、西部山岳部で発生する場合は埼玉県南西部、東京都西部と前線の進行地域である埼玉県と東京都の平野部において強雨となっている。

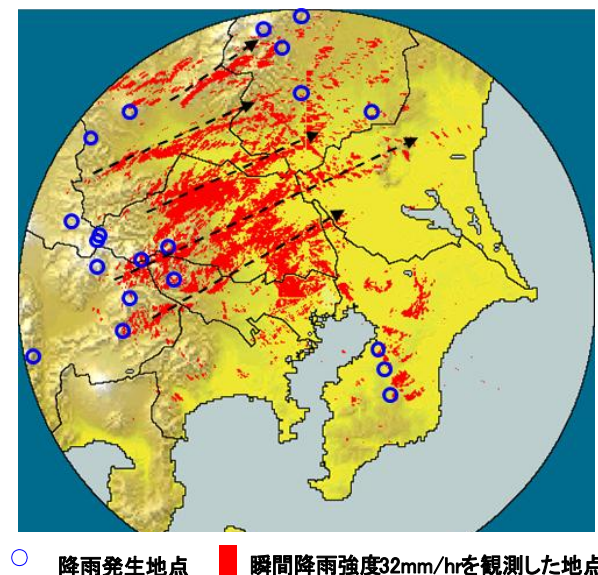


図3 複数セル移動型降雨の強降雨強度

4. 2 複数セル移動型降雨

複数セル移動型降雨の降雨発生地点及び強雨発現地点を図3に示す。

降雨発生場所と強雨域が同じ地点かまたは非常に近く、西南西から東北東に帯状に伸び、非常に強い降雨を同じ地域に降らせ続けることがある。発生場所は、関東山地の群馬県南西山間部から丹沢山地の神奈川県北西部山間部である。前線組織型に比べ、強雨域がライン状になる。東京都心に雨を降らすことは少なく関東平野北部で強雨が多い傾向にある。

4. 3 単一セル型降雨

単一セル型降雨の降雨発生地点と強雨発現地点を図4に示す。

単一セル型降雨の場合は、降雨発生場所と強雨域は同じ地域となる場合が多い。強雨が多いのは、前線組織型降雨が組織化し強化する群馬県・栃木県・埼玉県・茨城県の県境地域と、前線組織型降雨と複数セル移動型降雨が発達する西部山間部と西部山間部の東側の平野部、降雨の通過地域であり再び強化する場合や突発的に降雨が発生することのある東京近郊平野部、単一セル型降雨による神奈川県緑区付近や千葉市付近、房総半島の山間部などである。

5. 各タイプのレーダ累積雨量による特徴

1997年から2002年までにドップラーレーダで観測されたデータを用いて前線組織型、複数セル移動型、単一セル型のレーダ累積降雨量を算出してその特徴を比較した。本研究では一つの降雨タイプの累積雨量を見るために、2つ以上の降雨タイプが発生している際の降雨は除外した。それぞれのタイプの降雨数と累積雨量を算出する際の累積時間は前線組織型降雨が6降雨、78.5時間、複数セル移動型降雨が7降雨、93.8時間、単一セル型降雨が15降雨、51時間であった。以下、それぞれの降雨タイプごとにその累積降雨量を見てみる。

5.1 前線組織型降雨の累積降雨量

図5は前線組織型降雨の累積降雨量を示したものである。この図から栃木県小山市・佐野市付近、東京都八王子市・青梅市付近において累積降雨量が大きくなっていることが分かる。このタイプの降雨は山間部で発生した降水域が次第に組織化し、フロント面を形成して東京都心部に移動するものであるが、その中でも降水域が関東地方北部の山地部で発生し、次第に組織化しながら栃木県小山市・佐野市付近で強い雨をもたらせ衰退するもの、また関東平野の西部山地部で発生した降水域がフロント面を形成して東に進み東京都青梅市・八王子市付近で強い雨を降らせて次第に衰退するものがあることからこの地域で累積降雨量が多いと考えられる。また、図の中で北西から南東に向いている矢印と垂直方向にライン状の雨域があり縞模様に見えるが、これは前線と直角方向に移動する雨域が一定間隔で観測されているためである。

5.2 複数セル移動型降雨における累積降雨量

図6は複数セル移動型降雨の累積降雨量を示したものである。関東平野北部の山地部と北西部の平野部（群馬県前橋周辺）で累積降雨量が多いことがわかる。このタイプの降雨は関東平野全域で発生した降水域が、進行方向と同じ方向に降水域を伸ばしながら移動する形態である。先に挙げた地域で累積降雨量が多いのは関東地方の北西の山地部で発生した降水域がライン状に伸びながら偏西風に流され北東方向に移動し、北部の山地部や北西部の平野部で強い雨を降らせ次第に衰退するためであると考えられる。

5.3 単一セル型降雨における累積降雨量

図7は単一セル型降雨における累積降雨量を示したものである。図中の丸印は単一セル型降雨が発生した地点をプロットしたものである。この図から単一セル型降雨は関東地方の全域において発生していることがわかるが、累積降雨量の分布から発生地点付近で累積降雨量が大きくなる傾向がある。これは単一セル型降雨は降水セルが発生してから成長、衰退して消滅するまでほとんど移動することなく留まるためである。また、累積降雨量が大きくなる地域は平野部が多い。房総半島南部の山間部においても単一セル型



○ 降雨発生地点 ■ 瞬間降雨強度32mm/hrを観測した地点

図4 単一セル型降雨の強降雨強度の分布と降雨発生地点、移動方向

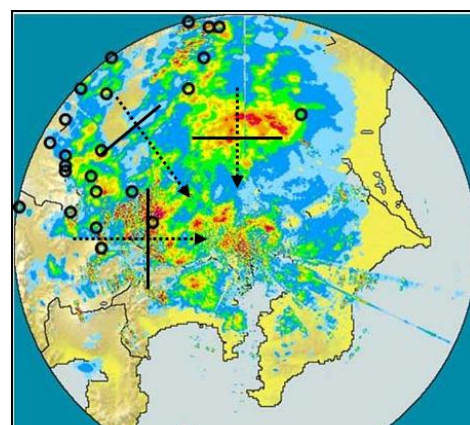


図5 前線組織型降雨のレーダ累積降雨量分布

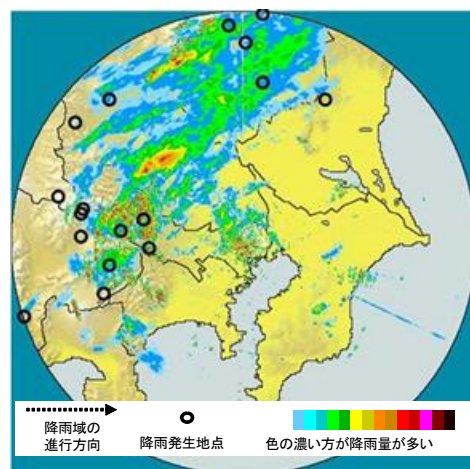


図6 複数セル移動型降雨のレーダ累計降雨分布

降雨の発生が見られる。これは海からの湿った空気が房総半島南部の山地斜面により上昇流となり降水セルを作るためであると考えられる。

6. 降雨発生地域の空間分布特性

図8は1996年から2005年までの夏季における上位10降雨を示したものである。赤点は瞬間降雨強度が32mm/h以上を示し、青点は瞬間降雨強度が32mm/h未満を示している。図8より瞬間降雨強度32mm/h以上の降雨は関東地方の平野部において発生し、瞬間降雨強度32mm/h未満の降雨は関東地方の北部・西部の山間部にまとめて発生していることがわかる。

7. まとめ

本研究によって得られた知見を示す。

1) 中央大学に設置されたXバンドドップラーレーダによって関東地方の降雨を4パターンに分類した。メソβスケールの降雨は前線組織型、複数セル移動型、単一セル型の3種類に、またメソαスケールの降雨では線状降水帯を定義した。

2) 各降雨タイプのレーダ累積雨量を解析した結果前線組織型の降雨では関東地方北部、関東平野西部で累積降雨が多い。複数セル移動型の降雨では関東平野北部の山地部、北西部の平野部で多い。また単一セル型降雨では関東全域で発生しているものの特に都市部で発生していることが分かる。

3) 関東地方における夏季の降雨の空間分布特性を見てみると、瞬間降雨強度が32mm/h以上の降雨は平野部で発生しており、瞬間降雨強度が32mm/h未満の降雨は北部・西部の山間部にまとめて発生している。

<参考文献>

- 1) 池永均, 久米仁志, 森田寛, 山田正: ドップラーレーダを用いたメソβスケール降雨特性の解析, 水工学論文集第41巻, pp147-154. (1997)
- 2) 志村光一, 原久弥, 山田正: レーダ雨量計を用いた関東平野における降雨形態の分類と降雨発生メカニズムに関する考察, 水工学論文集第44巻, pp97-102. 2000, 3)
- 3) 小倉義光, 奥山和彦, 田口晶彦: SAFIA で観測した下夏季の関東地方における雷雨と大気環境, 天気 Vol149, NO. 7, 8, 9, 5)
- 4) レーダ雨量計を用いた関東平野における降雨形態の分類と降雨発生メカニズムに関する考察, 水工学論文集第44巻, pp97-102. 2000
- 5) Masato Okabe, Shuichi Tsuchiya, and Tadashi Yamada: The Study on Transportation of Meteorological Elements in the Wind Fields, the 3rd APHW conference 2006

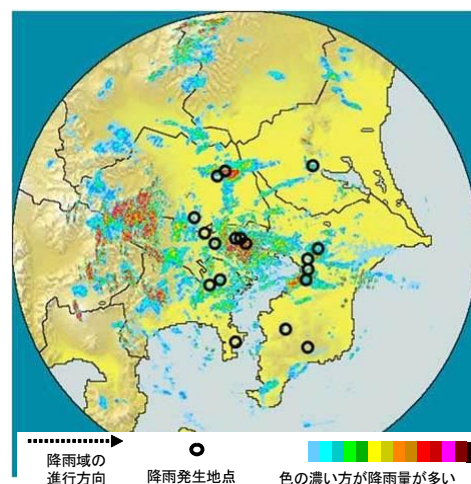


図7 単一セル型降雨のレーダ
累計降雨分布

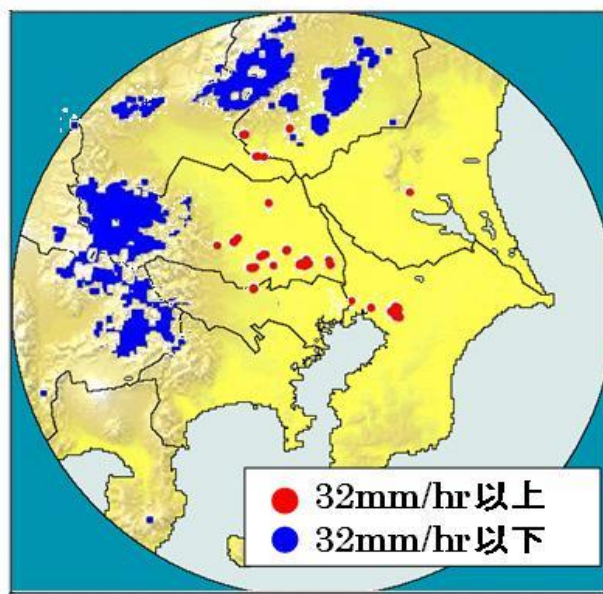


図8 降雨発生地点及び強雨発現地点の空間分布