

関東平野における降雨の移動と強度の関係

中央大学理工学部 学生員 ○荒川 貴志 中央大学大学院 学生員 佐藤 航
中央大学理工学部 正会員 加藤 拓磨 中央大学理工学部 フェロー会員 山田 正

1. はじめに：

1990年代以降、関東地方では集中豪雨が頻発しており、集中豪雨による浸水被害や土砂災害が社会的に問題になっている。そのため集中豪雨を予測することは集中豪雨で生じる災害の軽減につながり防災上非常に重要なものである。強雨の予測をするためには強雨を降らせる雨域の発生・移動を明らかにする必要がある。しかし一般的に、激しい雨を降らせる雨域の面積は数十キロ以下と小さく局所的に降ることが多いため、AMeDAS データを用いた雨域の追跡は難しい。そこで、本研究では面的・時間的に連続して降雨の観測ができるドップラーレーダのデータを用いて、災害をもたらす強雨の発生から消滅までの移動特性を明らかにすることを目的として強雨域が発生してから消滅するまでの継続時間・移動方向・移動速度を調べた。

2. レーダ概要：

著者らは1995年から中央大学理工学部後楽園キャンパスにX-Bandドップラーレーダ(周波数9445MHz, 波長3.2cm, 観測半径128km, 観測分解能は距離方向250m, 角度0.7°, レーダ雨量換算係数は $B=200$, $\beta=1.6$)を設置し関東地方における降雨観測を行ってきた。

3. 降雨の分類：

著者らはレーダデータを解析することで、関東地方におけるメソβスケールの夏季の雷雨性降雨を複数セル移動型降雨、単一セル型降雨、前線組織型降雨に分類してきた¹⁾。

複数セル移動型降雨：複数セル移動型降雨とは関東西部の山地で発生した強雨セルが偏西風に流されることにより降雨域が進行方向にライン状に伸びる降雨形態である。

単一セル型降雨：複数セル移動型降雨とは一地点に降雨セルが発生し移流することなく同地点で発達・消滅する降雨や上空の風により移流され数個の降水セルを次々に発生させる降雨移動形態である。

前線組織型降雨：前線組織型降雨とは關東北部、西部山地の各地で発生・発達した降雨が前線面を形成し、前線面に垂直な方向に移動する降雨移動形態である。

4. 使用データと解析方法：

本論文では1997年から2005年までの期間で、東京都建設局の雨量データから東京都内において50mm/hr以上の降雨が観測された日を集中豪雨日と定義した。使用したデータは集中豪雨日のうち中央大学のドップラーレーダで観測された1997年から2005年までの合計18日分の降雨である。気象庁発表の降雨の分類では30mm/hr以上50mm/hr未満の降雨を「激しい雨」、50mm/hr以上80mm/hr未満の雨を「非常に激しい雨」、80mm/hr以上の雨を「猛烈な雨」と定義していることから、本研究では瞬間降雨強度32mm/hr以上の雨域を強雨域と定義した。集中豪雨日の強雨域に着目して、レーダ雨量のレーダ画像を目視で判断し、上記の分類方法に基づき分類した降雨中の強雨域の移動特性を調べた。レーダ画像の一例と降雨強度を図-1に示す。レーダ画像で赤色に着色された雨域が瞬間降雨強度32mm/hr以上の雨域、すなわち本研究で定義した強雨域である。強雨域の面積は小さいため、AMeDASの観測でその雨域を捉えるのは難しいが、レーダ観測では捉えることができる。強雨域発生地点の定義は、レーダデータから作成した連続的なレーダ画像で初めて雨域の瞬間降雨強度が32mm/hr以上となった地点とし、またその時刻を発生時刻と定義した。強雨域の消滅地点は時間的に連続なレーダ画像から瞬間降雨強度が32mm/hr以上の雨域が最後に存在した地点とし、その時刻を消滅時刻と定義した。強雨域が広範囲に広がる場合には、目視判断から強雨域の中心を判断し、その強雨域の中心点を発生から消滅まで追跡することにより強雨域の継続時間、移

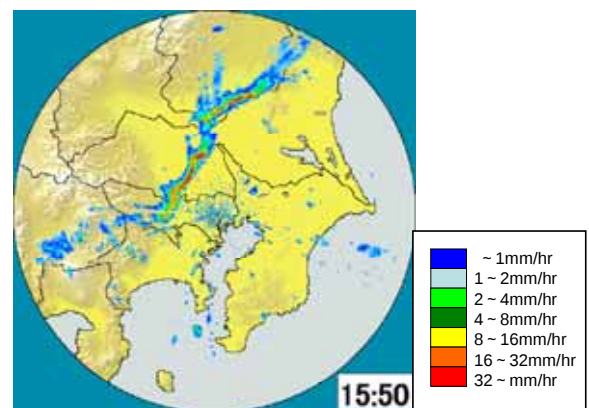


図1 レーダ画像と降雨強度

キーワード ドップラーレーダ、関東平野、降水セルの移動

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 TEL:03-3817-1805

E-mail: arakawa_takashi@civil.chuo-u.ac.jp

動距離、移動時間を調べた。継続時間は強雨域の発生時刻から消滅時刻までの時間と定義し、また、同様に移動距離も強雨域の発生地点から消滅地点までの距離と定義した。移動方向は強雨域の発生地点から強雨域の消滅地点をみたときの方向と定義し、移動方向は16方位で表す。

5. 強雨域の移動特性：

5.1. 強雨域の移動方向：

降雨の移動分類別に強雨域の移動方向と移動距離の関係、強雨域の移動方向と継続時間の関係、強雨域の移動方向と移動速度の関係を調べた。

複数セル移動型降雨

複数セル移動型降雨の強雨域における移動方向と継続時間の関係を図-2に示す。強雨域は北東～東に移動するものが多く全体の50%を占めている。継続時間は20分以内、20～40分、40分以上がそれぞれ40%、30%、30%を占めており継続時間が短いものから長いものまで幅広く存在している。継続時間が40分以上のものは北東～東に移動する傾向がある。

複数セル移動型降雨における強雨域の移動方向と移動距離の関係を図-3に示す。移動距離は20km以内のものが全体の95%を占めている。20km以上の移動をする強雨域は北東～東に移動する傾向にある。

複数セル移動型降雨における強雨域の移動方向と移動速度の関係を図-4に示す。移動速度は20km/hr以内のものが全体の60%を占め、移動速度が40km/hr以内のものは全体の90%を占めている。移動速度が40km/hr以上の強雨域は北東～東に移動する。以上より複数セル移動型の強雨域は北東～東への移動が多い。その理由として、複数セル移動型降雨の雨域が偏西風に流され移流することから強雨域自体も偏西風に流され北東～東に移流するものが多いと考えられる。また継続時間が長いもの、移動距離が長いものは北東～東へ移動する傾向がある。

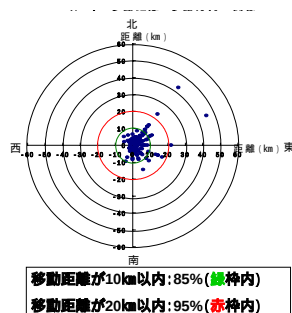


図3 複数セル移動型降雨中の強雨域の移動方向と継続時間の関係

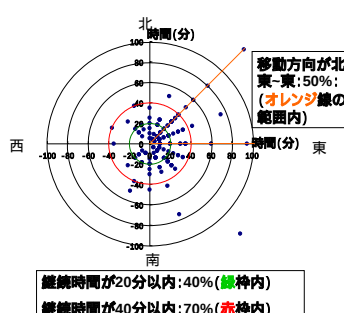


図2 複数セル移動型降雨中の強雨域の移動方向と移動時間の関係

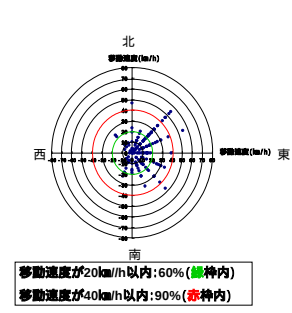


図4 複数セル移動型降雨中の強雨域の移動方向と移動速度の関係

単一セル型降雨：

単一セル型降雨における強雨域の移動方向と継続時間の関係を図-5に示す。強雨域の移動方向は北東～東に移動するものが多く、全体の53%を占めている。また強雨域の継続時間は20分以内のものが全体の60%以上を占めている。継続時間が20分以上の降雨域は北東～東に移動する傾向がある。今回のケースでは継続時間が40分以下の強雨域の割合は全体の95%であったことから、単一セル型降雨における強雨域の

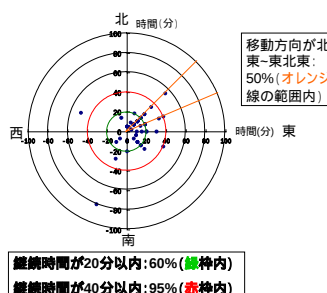


図5 単一セル型降雨中の強雨域の移動方向と継続時間の関係

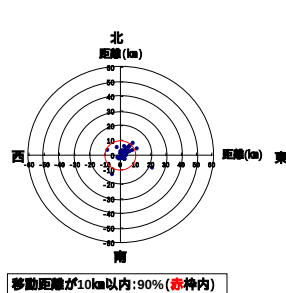


図6 単一セル型降雨中の強雨域の移動方向と移動時間の関係

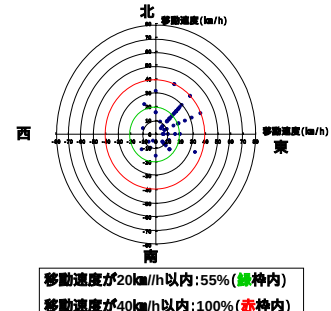


図7 単一セル型降雨中の強雨域の移動方向と継続速度の関係

継続時間は 40 分以内であり、継続時間が短い傾向がある。

単一セル型降雨における強雨域の移動方向と移動距離の関係を図 - 6 に示す。強雨域の移動距離は 5 km 以内の移動が全体の 65% を占め、10 km 以内の移動をする強雨域が全体の 90% を占めている。強雨域の移動方向は北東～東に移動するものが 50% を占めるが、強雨域の移動距離は移動方向には関係なく 10 km 以内と短い傾向がある。

単一セル型降雨における強雨域の移動方向と移動速度の関係を図 - 7 に示す。強雨域の移動速度は全て 40 km/hr 以内で、そのうち 20 km/hr 以内の強雨域が全体の 65% である。移動速度が 20 km/hr 以内の強雨域の移動方向は北東～東が多い。強雨域の移動速度が 20 km/hr 以上の強雨域は北東～東北東に移動する傾向がある。

前線組織型降雨

前線組織型降雨における強雨域の移動方向と継続時間の関係を図 - 8 に示す。強雨域の北東～南東に移動するものが多い。強雨域の継続時間は 20 分以内のものが 40%、40 分以内のものが 80% を占めており 40 分以上継続した強雨域は東北東～南に移動する傾向がある。

前線組織型降雨における強雨域の移動方向と移動距離の関係を図 - 9 に示す。90% 以上の強雨域で移動距離は 20 km 以内であり、その強雨域の移動方向は北東～南南東が多い傾向がある。移動距離が 5 km 未満と移動距離が 5 km 以上 10 km 未満のものがそれぞれ全体の 40% を占める。移動距離が 20 km 以上の強雨域は北東～東北東に移動する傾向がある。

前線組織型降雨における強雨域の移動方向と移動速度の関係を図 - 10 に示す。移動速度に関しては 20 km/hr 以内のものが全体の 60% を占め、移動速度が 40 km/hr 以内のものは全体の 90% を占めている。移動速度が 20 km/hr 以上の強雨域は北北東～東北東に移動する傾向がある。以上より前線降雨型の強雨域は他の降雨移動形態の強雨域に比べて移動方向が多方向で、特に継続時間が長いものは南東方向に移動しやすい傾向がある。

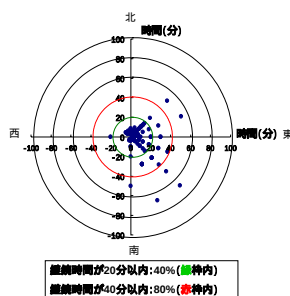


図 8 前線組織型降雨中の強雨域の移動方向と継続時間の関係

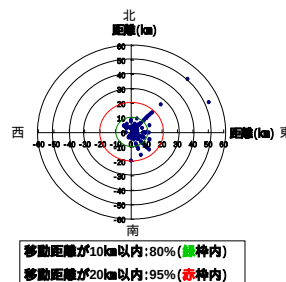


図 9 前線組織型降雨中の強雨域の移動方向と移動距離の関係

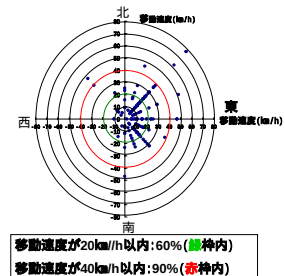


図 10 前線組織型降雨中の強雨域の移動方向と移動距離の関係

5.2. 強雨域の継続時間、移動距離、移動速度の頻度分布：

図 - 11 に降雨の各移動形態別の強雨域の継続時間の頻度分布を示す。3 つの移動形態とも強雨域の継続時間は 10～20 分の割合が多い。特に単一セル型降雨の強雨域は継続時間が 10～20 分の割合が 50% を超えている。継続時間が 40 分以内である複数セル移動型降雨と前線組織型降雨の強雨域の割合はほぼ等しい。しかし、60 分以上の継続時間の強雨域が多いのは前線組織型降雨であり、次いで複数セル移動型降雨である。3 つの移動形態をあわせた全体の強雨域で見ると強雨域の継続時間は 10～20 分が多く、全体の約 40% を占める。

図 - 12 に各移動形態中の強雨域の移動距離と頻度分布を示す。強雨域の移動距離は 3 つの移動形態とも 10 km 以内の移動が主で全体の 86% を占め、20 km 以内の移動がほぼ 100% である。前線組織型降雨の強雨域では、移動距離が 10～20 km の割合が他の 2 つの移動形態の強雨域よりも大きく、移動距離が長い傾向にある。

図 - 13 に各移動形態の強雨域の移動速度の頻度分布を示す。3 つの移動形態の強雨域とも移動速度が 10～20 km/hr のものが多く、各移動形態とも 40～45% を占めている。次いで 10 km/hr の移動速度が多く全体の約 25% である。また、対象とした降雨中で移動速度が最も速かったのは前線組織型の強雨域、次いで複数セル移動型

の強雨域であった。その理由としては、組織化された雨域は高い高度まで発達し、上空の偏西風により流されるためであると考えられる。

図 - 11 ~ 13 より強雨域の継続時間、移動距離、移動速度の頻度分布には降雨の移動形態に関わらず継続時間では 10~20 分、移動距離では 10 km 以内、移動速度では 10~20 km/hr の強雨が多い傾向がある。また、移動形態別に強雨域の移動速度を比べると、前線組織型降雨の強雨域は他の移動形態の強雨域に比べて移動速度が速い。また前線組織型の強雨域では移動距離が長い強雨域が存在する割合が多い。

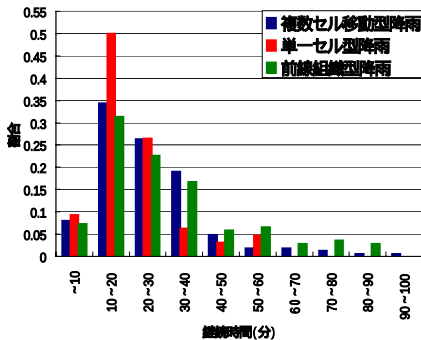


図 11 継続時間の頻度分布

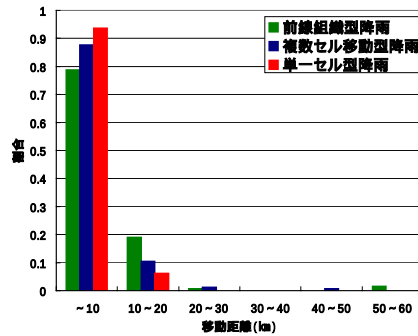


図 12 移動距離の頻度分布

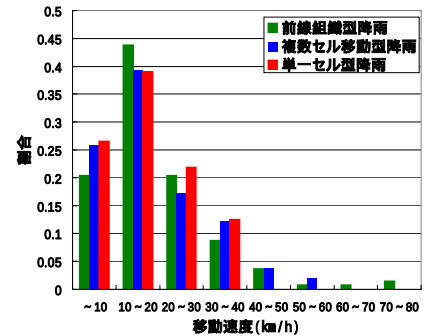


図 13 移動速度の頻度分布

5.3. 継続時間と移動距離：

図 - 14 には継続時間と移動距離の関係を示している。3つの移動形態全体での強雨域では継続時間が 60 分以内かつ移動距離は 20 km 以内のものが全体の 95% を占めている。強雨域の移動距離は継続時間の長さには関係なく 20 km 以内の移動をする傾向がある。このことから強雨域は発生から消滅までの間、20 km という狭い範囲に降雨をもたらす。一方、少数であるが継続時間が長く、移動距離も長い強雨域が存在した。

6. まとめ：

強雨域の継続時間は 10 ~ 20 分、移動距離は 10 km 以内、移動速度 10~20 km/hr である割合が多い傾向にある。

強雨域の継続時間は移動形態別に時間差があり、継続時間が長い順に前線組織型の強雨域、複数セル移動型の強雨域、単一セル型の強雨域の順である。

強雨域の移動方向は、降雨形態別により移動する割合が多い方向が存在する。前線組織型降雨の強雨域では北東~東方向、単一セル型降雨の強雨域では北東~東方向、前線組織型降雨の強雨域では北東~南東方向にそれぞれ移動する傾向がある。

強雨域は継続時間の長さによらず、20 km 以内の移動をする割合が多い。

参考文献：

- 1) 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.
- 2) 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.

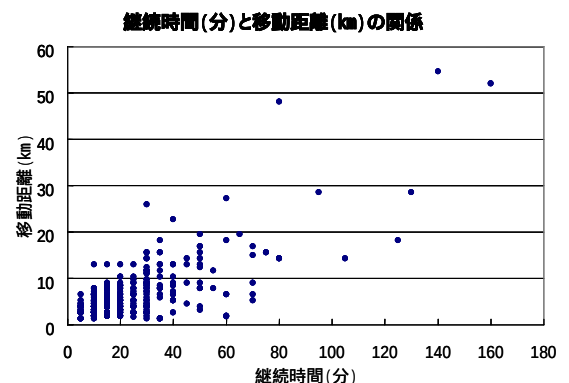


図 - 14 移動距離と継続時間の関係