

偏波レーダ情報及び大気場指標を用いた局地的豪雨の発生・発達構造の解析

法政大学 デザイン工学部
 法政大学大学院 デザイン工学研究科
 法政大学 デザイン工学部

学生員 三村 昂大
 学生員 中根 武志
 正会員 鈴木 善晴

1. 研究の背景・目的

近年、我が国ではゲリラ豪雨とも呼ばれる、急激に積乱雲が発達する局地的豪雨が増加しており、都市河川の氾濫や内水氾濫や土砂災害などに伴う人的被害が頻発化している。このような局地的に発生する豪雨は時間・空間スケールが極めて小さく、各々が独立した発達システムを持つため、気象モデルを用いた旧来の予測システムでは予測が難しい。そこで、国土交通省では X バンド MP レーダ（以下、MP レーダ）を用いた観測網 X-RAIN を整備し、豪雨の監視体制を強化するなどの対策に力を入れている。しかし、ゲリラ豪雨が発生・発達するメカニズムはまだ十分に明らかにされておらず、その予測には多くの課題が残されている。

そこで本研究では、MP レーダからの偏波レーダ情報、及び MSMGPV より算出した大気場指標を用いて様々な事例の局地的豪雨の発生・発達構造の解析を行った。また、「積乱雲のタマゴ」¹⁾が発達する事例、発達しない事例について SOM（自己組織化マップ）を使用したパターン分類を行い、それらの特徴の違いについて解析・検討した。

2. 偏波レーダ情報の概要

本研究では、国土交通省から配信される 14 地域 38 基の MP レーダのうち、主に三大都市圏に設置された 15 基を対象として、その観測データの解析を行った。例として、2014 年 6 月 23 日の東京エリアにおける合成雨量図を図-1 に示す。MP レーダでは、レーダ反射因子、反射強度偏波比、比偏波間位相差を測定し、降雨強度を推定することができる。反射強度偏波比は Z_{DR} で表わされ、水平方向と鉛直方向の電波の跳ね返りの強さの比を示す値である。強雨に伴い雨滴が扁平になるため降雨強度が強いほど大きな値を示し、雪や霰の場合の値はほぼゼロとなる。比偏波間位相差は K_{DP} で表わされ、水平、垂直方向の電波の跳ね返りの差を距離で微分した値である。振幅の情報を用いないため降雨減衰の影響を受けることがなく、強雨時の降雨強度推定に有力である。これらをもとに推定降雨強度 RR を求めている。

3. MSMGPV 及び大気場指標の概要

本研究では気象庁が提供する数ある GPV データから MSM（メソ数値予報モデル）の GPV を使用し、CAPE、バルクリチャードソン数、SSI、可降水量、相対湿度、風の収束及び渦度の 7 つの指標を算出し解析に用いた。MSM とは、水平格子間隔 5km、鉛直 13 層で 3 時間間隔のデータである。SSI とは、大気不安定度を表わす指標であり、対流現象の発生判定・予測に用いられるものであり、850hPa にある空気塊を 500hPa まで持ち上げた時、その空気塊が示す温度と 500hPa の気温との差である。一般に SSI が 3 以下の時、大気が不安定であるとされ、豪雨が発生しやすいことを示す。風の収束及び渦度は、空気が上昇するときに低気圧性の渦ができるので、上昇流を見つけるための指標となる。収束は値が小さいほど、渦度では絶対値が大きいほど上昇気流が発生しやすいことを示す。1 時間後に東京エリアで局地的豪雨が確認された 2014 年 6 月 23 日 12 時の日本域における大気場指標の一例を図-2 に示す。

4. SOM を用いた積乱雲のタマゴの解析

本研究では、はじめに 23 事例の局地的豪雨から目視で 84 個の「積乱雲のタマゴ」を抽出し、偏波レーダ情報、降水粒子の種類、ドップラー渦度、MSMGPV から大気場指標を用いてその発達過程に関する解析を行った。「積乱雲のタマゴ」とは、上空でできた局地的豪雨をもたらす可能性がある降水セルのことである。「積乱雲のタマゴ」内部の偏波レーダ情報の一例として、2014 年 6 月 23 日 12 時 40 分における K_{DP} の鉛直断面図を図-3 に示す。発達した「積乱雲のタマゴ」では、 K_{DP} の値が大きく、また風の収束の値が小さく、渦度は絶対値が大きいという傾向が見受けられた。そのことから、強い上昇気流が発生しており、降水粒子が急激に冷やされ雨粒が成長したと考えられる。

次に、SOM（自己組織化マップ）を使用して「積乱雲のタマゴ」のパターン分類を行った。SOM とは、ニューラルネットワークの一種であり、非線形かつ複雑な多次元データのパターン分類に適している。本研究では、偏波レーダ情報、ドップラー渦度、降水粒子の種類、大気場指標を入力データとして、抽出したすべての「積乱雲のタマゴ」に対して、クラスタリングを行ったドップラー渦度とは、MP レーダによって観測されるドップラー風速¹⁾を用いて算出した渦度であり、算出には対象グリッド上下左右 4 グリッドの情報をを用いて算出し、局地的豪雨の事例ごとに正規化を行っ

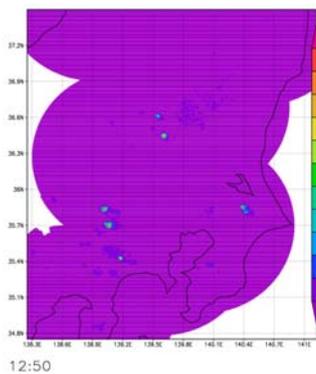
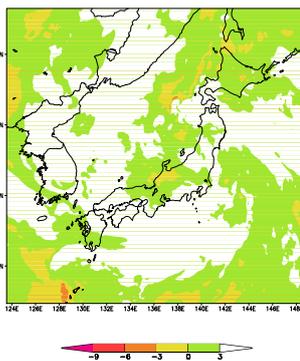
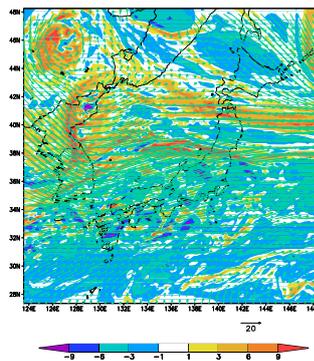


図-1 合成雨量図 (Tokyo
2014.06.23 12:50)



(a)SSI

図-2 日本域における大気場指標 (2014.06.23 12:00)



(b)風の収束 (500hPa)

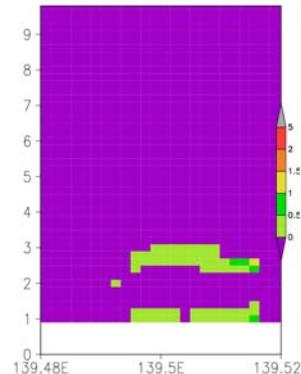


図-3 K_{DP} の鉛直断面図
(2014.06.23 12:40)

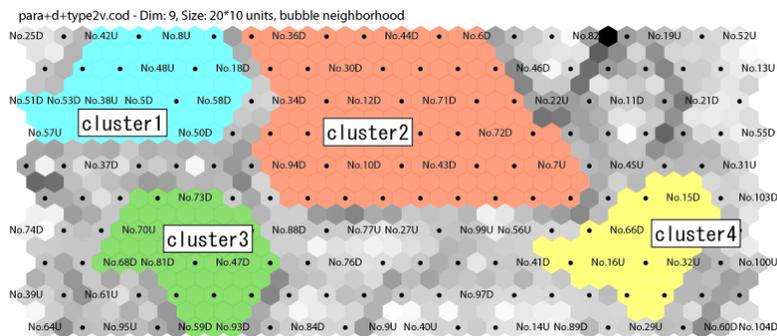


図-4 SOM を用いた積乱雲のタマゴの分類結果
(偏波レーダ情報, ドップラー渦度, 降水粒子を使用)

表-1 クラスター 2 に分類される「積乱雲のタマゴ」と各指標の値

(D: 発達, U: 未発達)

No.D/U	D 渦度	霰	氷晶	K_{DP}
No.6D	10	32.4	11.2	0
No.7U	6.05	17.4	36.2	0
No.10D	1.17	44.3	13.5	2.93
No.12D	1.50	46.3	18.9	3.51
No.30D	2.66	45.3	14	1.38
No.34D	0.622	43.3	29.9	3.47
No.36D	0	54.6	13.9	1.56
No.43D	6.44	28.8	19.3	1.79
No.44D	7.07	40.3	8.6	2.33
No.71D	0	24.31	19.00	1.171
No.72D	0.41	26.36	21.92	1.68
No.94D	0.13	43.82	26.20	3.71

ている。降水粒子の種類は、中北ら²⁾を参考に、ファジー理論による降水粒子判別を行い、「積乱雲のタマゴ」内部での降水粒子(雨, あられ, 氷晶, 雪片)の空間分布とその割合を求めた。SOMを使用したクラスター分析の結果から局地的豪雨へと発達した事例が多く分類されたクラスターをクラスター2とし、図-4に示す。このクラスターには12個の「積乱雲のタマゴ」が分類され、その内11個が後に発達した「積乱雲のタマゴ」であった。これら12個の「積乱雲のタマゴ」の入力データの一例を表-1に示す。このクラスターに分類される発達した「積乱雲のタマゴ」の多くが K_{DP} の値が高く、また降水粒子の分布割合において霰の割合が高く、氷晶の割合が低いという特徴が見られた。このことから、 K_{DP} と降水粒子分布の割合は局地的豪雨の発生・発達と関連性が高いと考えられる。

5. まとめと今後の課題

本研究では、MPレーダからの偏波レーダ情報、及びMSMGPVより算出した大気場指標を用いて様々な事例の局地的豪雨の発生・発達構造の解析を行った。また「積乱雲のタマゴ」¹⁾が発達する事例、発達しない事例についてSOMを使用したパターン分類を行い、それらの特徴の違いについて解析・検討した。発生・発達構造の解析では、その発達過程において風の収束と渦度に関連性があった。SOMを用いたクラスター解析では、 K_{DP} と降水粒子の空間分布の割合に特徴が見られ、局地的豪雨との関連性が高いことが分かった。

今後の課題として、SOMに入力する偏波レーダ情報、大気場指標、降水粒子の分布割合、ドップラー渦度のデータの組み合わせを検討し、局地的豪雨の発生・発達構造についてより明確に分類することで、局地的豪雨の予測の精度向上に繋げていくことが挙げられる。

参考文献

- 1) 中北英一, 西脇隆太, 山邊洋之, 山口弘誠: ドップラー風速を用いたゲリラ豪雨のタマゴの危険性予知に関する研究, 土木学会論文集 B1 (水工学) vol.69 No.4, I325-I330, 2013.
- 2) 中北英一, 最新型偏波レーダを用いた表層降水粒子タイプの混在状態推定に関する研究, 京都大学防災研究室年報, 第54号 B, 平成23年6月