

大気場情報を用いた積乱雲のタマゴの発達・非発達に関する判別・予測手法の検討

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

○学生会員 青木 光一
正会員 鈴木 善晴

1. 研究の背景・目的

近年、短時間で急激に発達した積乱雲によってもたらされる局地的豪雨が頻発化しており、人的・経済的被害の増大が懸念されている。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いため予測が困難である。中北ら¹⁾は XRAIN の観測データを用いて、まだ地上で降雨が観測されていない時点で上空にゲリラ豪雨のもととなる小規模な雨域、すなわち積乱雲のタマゴが存在することを発見した。これにより上空観測がゲリラ豪雨の早期探知に有効な手段であることが示されている。そこで本研究では、XRAIN と MSM より算出した大気場情報を用いて、積乱雲のタマゴの発達リスクの評価を行った。積乱雲のタマゴが発達する事例・発達しない事例について SOM を用いたクラスタ解析を実施し、積乱雲のタマゴの発達・非発達に関する判別精度・予測精度の向上を目的とした。

2. XRAIN を用いた局地的豪雨の解析

XRAIN (eXtended RAdar Information Network) とは MP レーダ雨量計を組み合わせた観測システムのことである。MP (Multi Parameter) レーダとは国土交通省によって都市部を中心に整備された気象レーダで、水平・垂直偏波の 2 種類の電波を送受信し、従来のレーダよりも精度の高い観測が可能である。一例として 2015 年 9 月 6 日 11 時 50 分に船橋で発生した局地的豪雨について述べる。XRAIN からさまざまな偏波レーダ情報を得ることができ、その一部である Z_{DR} と K_{DP} を図-1 に示す。 Z_{DR} (反射強度偏波比) は水平方向と垂直方向の跳ね返りの強さの比のことで、降水強度が強いほど Z_{DR} の値は大きくなる。 K_{DP} (比偏波間位相差) は、水平方向と垂直方向の反射因子の差を距離で微分した値で降水強度の推定に利用される。同図をみてみると、地上で降雨が観測される前の 11 時 45 分には、上空で Z_{DR} の高い値を示しており、 K_{DP} も上空で観測されていることから積乱雲のタマゴの発生が確認される。

3. 大気場指標を用いた局地的豪雨の解析

本研究では局地的豪雨の解析を行うため、MSM (Meso Scale Model) で得られた格子点情報から積乱雲の発生・発達に関連すると思われる 8 つの大気場指標を算出した。MSM とは、日本及びその近海の大気を対象とした気象庁のモデルのことで、格子間隔 5 km、鉛直層 76 層で、1 日 8 回 (3 時間ごとに)、39 時間先までの予測計算を行っている。大気場指標の一例として風の渦度と CAPE を図-2 に示す。赤枠で示した部分の船橋付近で発生した 2015 年 9 月 6 日の局地的豪雨で、発生約 3 時間前の 9 時における様子である。風の渦度は空気の流れの度合いを示す物理量で、正渦度が来ると上昇気流が促され低気圧が発達し、負渦度が来ると高気圧が発達する。CAPE は大気の安定度を示す指標の 1 つで、一般的に CAPE の値が 2000 (J/kg) 以上のとき大気が不安定であるとされている。同図をみてみると、風の渦度は正渦度で上昇気流が起こりやすく、積乱雲が発生しやすい大気場であった。CAPE は、船橋付近で 2500 ~ 4000 (J/kg) と不安定な大気であったことが確認される。

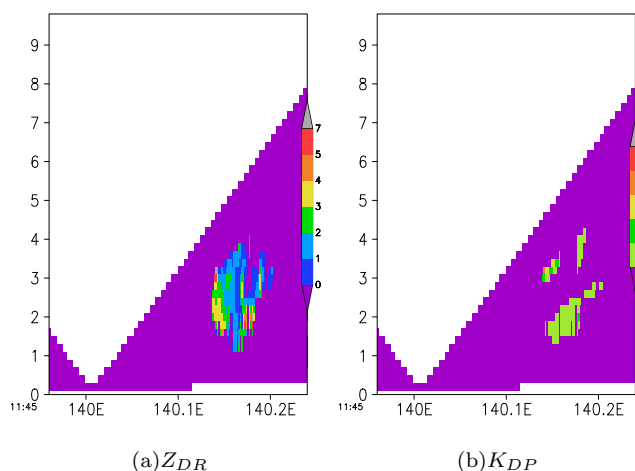


図-1 各偏波レーダ情報の鉛直断面図 (2015 年 9 月 6 日 11:45, 船橋レーダ)

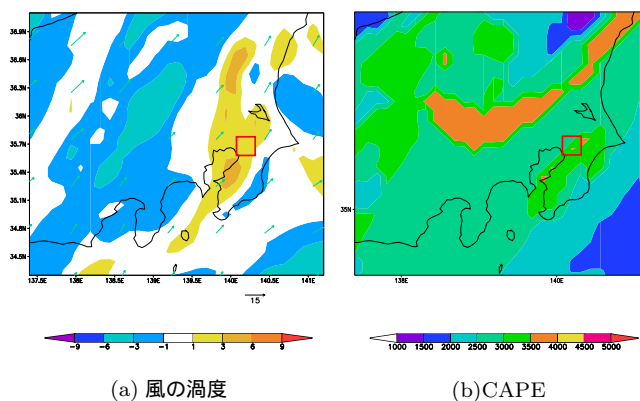


図-2 2015 年 9 月 6 日 9 時の大気場指標

キーワード：積乱雲のタマゴ，局地的豪雨，XRAIN，MSM，SOM

〒162-0843 東京都新宿区市谷町田 2-33 法政大学大学院 デザイン工学研究科 TEL：03-5228-1429 FAX：03-5228-3491

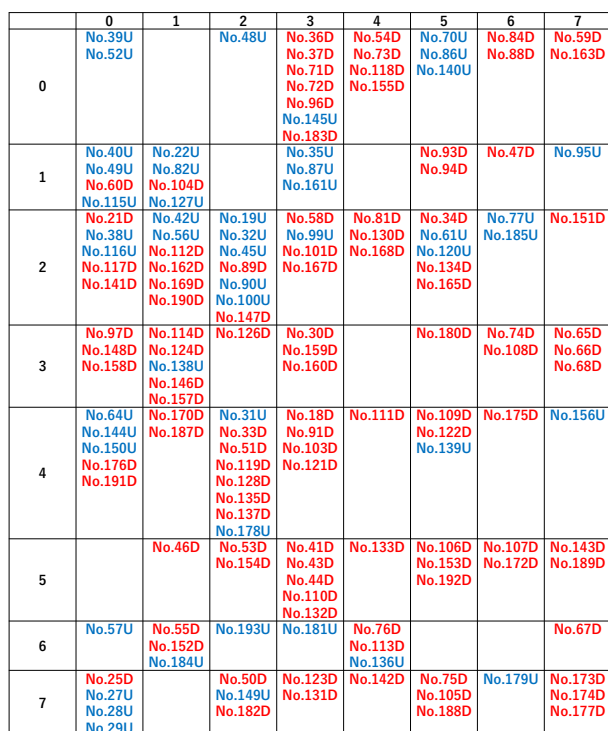


図-3 分類後の SOM のマップ (8 × 8)

組み合わせ 番号	入力要素	判別精度 (%)
No.1	$K_{DP} \cdot \rho_{HV}$ ・ドップラー渦度	74.1
No.2	$Z_{DR} \cdot K_{DP} \cdot Z_{HH} \cdot \rho_{HV}$ ・ドップラー渦度	73.9
No.23	$K_{DP} \cdot \rho_{HV}$ ・ドップラー渦度・収束	77.2
No.24	$K_{DP} \cdot \rho_{HV}$ ・ドップラー渦度・K 指数	76.9
No.25	$K_{DP} \cdot \rho_{HV}$ ・ドップラー渦度・相対湿度	76.0
No.26	$K_{DP} \cdot \rho_{HV}$ ・ドップラー渦度・Rb	75.2
No.27	$K_{DP} \cdot \rho_{HV}$ ・ドップラー渦度・風の渦度	71.7
No.28	$K_{DP} \cdot \rho_{HV}$ ・ドップラー渦度・CAPE	70.2

ノード	参照ベクトル				合計値	発達・非発達
	K_{DP}	ρ_{HV}	D温度	収束		
0,0	0.002	0.719	0.006	0.162	0.889	非発達
1,0	0.009	0.794	0.008	0.136	0.947	判別不可
2,0	0.086	0.924	0.026	0.161	1.198	非発達
3,0	0.178	0.956	0.026	0.194	1.353	発達
4,0	0.217	0.964	0.025	0.194	1.399	発達
5,0	0.366	0.979	0.023	0.181	1.548	非発達
6,0	0.488	0.978	0.039	0.143	1.647	発達
7,0	0.652	0.974	0.095	0.128	1.849	発達
0,1	0.002	0.865	0.007	0.150	1.024	非発達
6,7	0.288	0.991	0.235	0.608	2.122	非発達
7,7	0.253	0.990	0.145	0.759	2.148	発達

2016/7/19 八斗島（東京）発達タマゴ

入力ベクトル				合計値
K_{DP}	ρ_{HV}	D温度	収束	
0.887	1.000	1.000	1.000	3.887

2016/8/6 氏家（東京）非発達タマゴ

入力ベクトル				合計値
K_{DP}	ρ_{HV}	D温度	収束	
0.000	0.500	0.000	0.462	0.962

図-4 新しい積乱雲のタマゴの予測結果の一例

4. SOMを用いた積乱雲のタマゴの解析

(1) 積乱雲のタマゴのクラスタ解析

次に SOM (Self-Organizing Maps) を用いて、2013 年から 2015 年に発生した 155 個の積乱雲のタマゴに対してクラスタ解析を行った。SOM とはニューラルネットワークの一種で多次元データをマップに分類する手法である。本研究では、降雨を観測してから 30 分以内に 50 mm/h 以上の地上降雨をもたらしたものを発達するタマゴ、50 mm/h を超えないものを発達しないタマゴと定義した。作成された SOM のマップの一例を図-3 に示す。赤色で D と示したのが発達するタマゴで、青色で U と示したのが発達しないタマゴである。発達割合が 50 % を超える場合は発達ノード、50 % 未満の場合は非発達ノードとし、判別精度を算出した。結果を表-1 に示す。本研究では入力データとして偏波レーダ情報と大気場指標で組み合わせを設定した。No.1 から No.2 は偏波レーダ情報のみで判別を行ったもので、No.23 から No.28 は No.1 に MSM の大気場指標を 1 つ組み合わせで判別を行ったものである。収束や K 指数、相対湿度、バルクリチャードソン数を加えると No.1 より判別精度が高くなることが示された。

(2) 積乱雲のタマゴの発達・非発達予測

新たに 2016 年の 6 個の積乱雲のタマゴを用いて発達・非発達を予測した．参照ベクトルの合計値から入力ベクトルの合計値を引いてユークリッド距離を算出し，その値が最小となるノードに新たなタマゴを分類することで予測を行った．発達するタマゴが発達ノードに分類されれば正しく分類され，予測できたと考えられる．判別不可ノードに分類された場合は，ユークリッド距離が 2 番目に小さいノードに分類した．判別精度が最も高い組み合わせ No.23 を使用した．予測結果の一例を図-4 に示す．発達するタマゴは発達ノードに分類されるなど，両方とも正しく予測できている．6 個の積乱雲のタマゴの予測結果は，数は少ないものの全て正確に発達・非発達を予測することができた．

5. まとめと今後の課題

XRAIN と MSM より算出した大気場情報を用いて SOM によるクラスタ解析を行った．組み合わせ No.23 のように MSM の大気場指標を 1 つ加えると判別精度が高くなることが示された．また，新たに 2016 年の 6 個の積乱雲のタマゴを用いて発達・非発達を予測したところ，数は少ないものの 6 個のタマゴを全て正確に予測することができた．今後の課題は，新たに LFM (Local Forecast Model) の高解像度 GPV データを使って算出した大気場指標を用いてみることや，新しい積乱雲のタマゴの数をさらに増やして正しく予測できるかを確認することなどが挙げられる．

参考文献

- 1) 中北英一，山邊洋之，山口弘誠：ゲリラ豪雨の早期探知に関する研究，水工論文集，第 54 巻，2010，pp.343-348．