

## SOMを用いたクラスター解析による局地的豪雨の発生・発達リスクに関する研究

法政大学大学院デザイン工学研究科  
愛知県庁  
法政大学デザイン工学部

学生員 三村 昂大  
非会員 中根 武志  
正会員 鈴木 善晴

## 1. 目的・背景

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た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」<sup>1)</sup>の発達事例・日発達事例についてSOM（自己組織化マップ）を使用したクラスター解析を行い、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。 $K_{DP}$ のように位相差を使用し、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なく、強雨時の降雨強度推定に有力である。このことにより、推定降雨強度RR高精度で予測することができる。

## 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、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・K指数とは、大気的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る。SSIは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。K指数とは、各高度における気温と露点温度を基に算出する値であり、値が大きいほど雷雨発生の確率が高い。風の収束及び渦度は、空気が上昇するとき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として、風の収束・発散の分布と渦度の分布を図-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」（発達事例49事例、非発達事例35事例）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（D渦度）、MSMGPVからの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。今回は観測されてから30分以内に50（mm/h）以上の雨を地上にもたらしたもののみを抽出し、研究し使用した。

X-RAINによって観測された「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、観測初期から大きい雨粒であることが分かった。また、大気場指標に着目し、図-2(a)から「積乱雲のタマゴ」発生個所付近で強い風の収束が起こっており、これによる上昇気流発達の促進が考えられ、後に局地的豪雨をもたらしたと考えられる。

次に、SOM（自己組織化マップ）を使用して「積乱雲のタマゴ」のクラスター解析を行った。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、事例解析の結果から風に関する指標と関連性が高いと考え、偏波レーダ情報、降水粒子の種類、大気場指標に、ドップラー渦度を入力データ

Key Words: 自己組織化マップ, X-RAIN, ゲリラ豪雨, MSM

〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 法政大学デザイン工学部都市環境デザイン工学科 TEL & FAX : 03-5228-1389

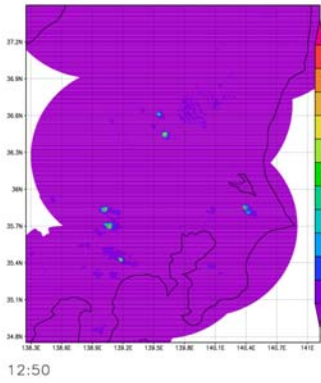
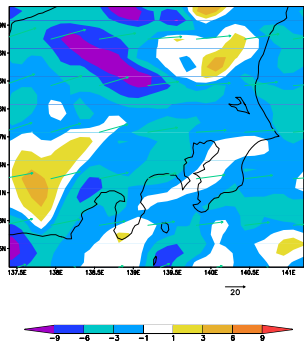
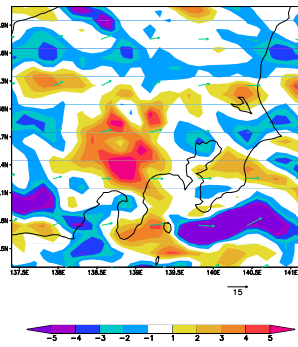


図-1 合成雨量図 (Tokyo 2014.06.23 12:50)



(a) 風の収束 (500hPa)



(b) 渦度 (850hPa)

図-2 日本域における大気場指標 (2014.06.23 12:00)

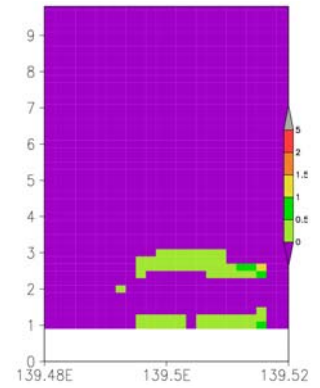


図-3  $K_{DP}$  の鉛直断面図 (2014.06.23 12:40)

表-1 判別結果の一例

組み合わせ No.	入力パラメータ	判別精度 (%)
No.21	$K_{DP}+Z_{DR}+D$ 渦度	87.7
No.22	$K_{DP}+Z_{DR}+$ 降水粒子	71.1
No.25	D 渦度+可降水量+K 指数	68

として加え、抽出したすべての「積乱雲のタマゴ」に対して、30パターンのクラスター解析を行った。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<sup>1)</sup>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グリッドの情報を用いて算出し、局地的豪雨の事例ごとに正規化を行っている。降水粒子の種類は、中北ら<sup>2)</sup>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。

全30パターンのうち、判別精度の高かったものの一例を表-1に示す。このことから、 $K_{DP}$ ,  $Z_{DR}$ などの偏波レーダ情報やドップラー渦度をSOMの入力パラメータにすることで高い判別精度が得られることが分かった。

そして、最も判別精度の高かったNo.21のマップを図-4に示す。このマップ全体の判別精度は87.7%であり、「積乱雲のタマゴ」判別手法として十分有意であると考えられる。各クラスターに着目すると、クラスター2では発達した「積乱雲のタマゴ」が0%、クラスター4とクラスター8では発達した「積乱雲のタマゴ」が100%と、発達・非発達を判別することができ、高い判別精度であったことは入力した $K_{DP}$ ,  $Z_{DR}$ とドップラー渦度が「積乱雲のタマゴ」の発達・非発達到深く関連があるためであったからだと考えられる。

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に着目し、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」の発達事例、非発達事例についてSOMを使用したクラスター解析を行い、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

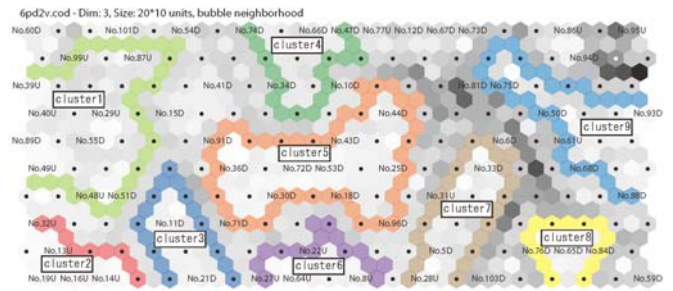


図-4 SOMを用いた積乱雲のタマゴの分類結果 No.21 ( $K_{DP}+Z_{DR}+D$  渦度を使用)

渦度に関連性があり、積乱雲の発達と「積乱雲のタマゴ」の発達との間に深い関連性が見られた。風に関する指標と関連が高いことからドップラー風速を算出し、SOMを用いたクラスター解析では、偏波パラメータとドップラー渦度を組み合わせた時の判別精度が高いことから、 $K_{DP}$ などの偏波パラメータとドップラー渦度が「積乱雲のタマゴ」の発達に関連が高いことが分かった。

今後の課題として、X-RAINからの観測データから定量的に「積乱雲のタマゴ」の発達・非発達のついて定量的に評価することができないというのが現状である。そのため、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、判別精度を向上し、「積乱雲のタマゴ」の発達・非発達の特徴をより明確にし、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