第II部門

降雨分布の地形依存特性に関するスケール効果の解析

京都大学大学院　学生員　○菅原竜也　京都大学防災研究所　正員　中北英一
京都大学防災研究所　正員　岡田憲夫　京都大学防災研究所　正員　池淵周一

1 序論 降水過程における雨域の発生・発達・停滞・衰弱などの変動は複雑な地形の影響を大きく受け，その現象を正しく把握することは非常に難しい．

本研究では，実現象の構造を知るための指標として，移流モデル[1]における，雨域の発達・衰弱を表す項，発達・衰弱量に注目する．この発達・衰弱量を各メッシュごとの値として導入し，それを地形と関連した確率場として捉え，確率モデルを構築することによって，計画降雨を算定する手法を開発することを目的とする．そのステップとして，発達・衰弱量の時間的持続性と地形との関係，またそのスケール効果を定性的に解析する．

尚，本研究では鹿児島豪雨のあった 1993 年 8 月 6 日の国見山レーダー 1 日分のデータを用いる．

2 発達・衰弱量の導出方法 本研究では、雨域の発達・減衰を表現する指標として，移流モデルの発達・衰弱量を用いる．まず，従来の移流モデルについて概述する．

地点 (x,y) ，時刻 t での降雨強度を $R(x,y,z)$ とすると，移流モデルの基礎方程式は，

$$\frac{\partial R}{\partial t}+u\frac{\partial R}{\partial x}+v\frac{\partial R}{\partial y}=w \qquad (1)$$

のようになる．このとき，移流ベクトル (u,v) , 発達・衰弱量 w を，位置座標の一次式，

$$u=c_1x+c_2y+c_3, \qquad (2)$$

$$v=c_4x+c_5y+c_6, \qquad (3)$$

$$w=c_7x+c_8y+c_9, \qquad (4)$$

と表す．ここで，c_1〜c_9 は推定するパラメータである．

高棹[2]らは，移流ベクトルの各係数 $c_1,\cdots,c_6$ は時間的になだらかに推移し，徐々に変動していくのに対し，発達・衰弱量に関する係数 c_7,c_8,c_9 は持続性があまりなく，その各係数は平均値 0 でほとんどランダムに推移する（白色性）と報告している．そこで本研究では，まず (4) 式の各係数を 0 ，すなわち w を 0 として (2) , (3) 式の係数 c_1〜c_6 を同定し，移流ベクトルを求めた後，再び (1) 式にもどって w の分布を求める．このように地点ごとに w を求めることにより，局地的な地形の影響，地域的な影響をより反映した形で解析することが可能となるとともに，地域ごとにみた場合は白色でない可能性が大いにあると考えられる．

3 時間持続性とスケール効果 まず，スケール効果を表現するために，メッシュ（サイズ δ は 3 km）の降雨強度に対し周辺のメッシュの値を用いて移動平均をとる．その時，$(2k-1)\times(2k-1)$ 個 ($\delta\cdot(2k-1)$ km $\times$ $\delta\cdot(2k-1)$ km) のメッシュを平均化した場合を $msn=k$ と表すことにする．空間スケール $msn=1,2,3,4$ に対して算定された，桜島付近のメッシュについてのコレログラムを図 1 に示す．これをみると，

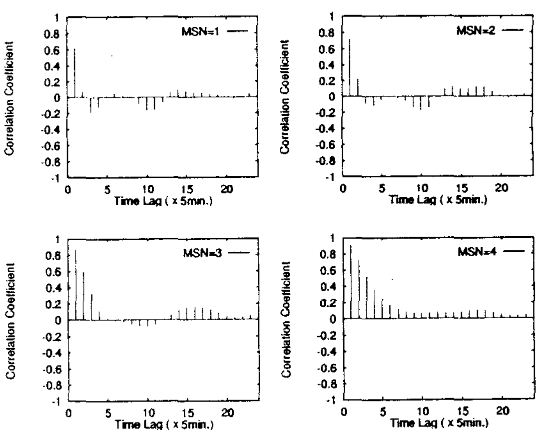

図 1 :発達・衰弱量の時間持続性（桜島）

$msn=1,2$ ではかなり白色性が強いが，$msn=3,4$ になると自己相関係数の持続性が高くなる．よって発達・衰弱量の持続性を考慮すると，少なくとも $msn=3$ すなわち 15 km × 15 km 程度の平均化を行うと，地形との対応を議論できるようになると考えられる．

一方，コレログラム自体に周期性があり，この周期により，雨域が到来していると考えることができる．確率的なモデル化を行う際に，本論文では time lag の

Tatsuya SUGAHARA, Eiichi NAKAKITA, Norio OKADA, Shuichi IKEBUCHI

増加にともない，自己相関係数は単調に減少し，0 に収束するという形で議論している．しかし，この周期性から，今後三角関数の導入などを考慮して雨域の到来をも解析していける可能性があるといえる．

4 発達・衰弱量の地域特性とそのモデル化 発達・衰弱量に関する確率モデルを構築していく上で本研究でめざすものは，時間的，空間的関係の両者を備えた，実現象を忠実に表すものである．したがってそれらの空間的な関係，さらには地形との関係を把握しておくことが必要となる．そこで，各スケール Δ，各メッシュ (x,y) について，確率モデルの代表的な変量と考えられる次のようなパラメータを導入する．

1. **発達・衰弱量の期待値** $m^{\Delta}(x,y)$ ：それぞれのメッシュごとに w の平均値をとることにより，各メッシュの発達・減衰傾向，メッシュ間相互の関係や地形との対応性を捉えることができる．そのスケールごとの結果を図 2 に示す．

図 2 :発達・減衰量の平均値の分布

2. **発達・衰弱量の時間的持続性** $\rho^{\Delta}_{x,y}(x,y;\tau)$ ：図 1 のコレログラムを見ると，既に言及した周期性を除けば，各メッシュごとに次のような式をあてはめることができることが分かる．すなわち，確率過程 $w(t)$ に対し， time lag τ の時の自己相関係数を $\rho(\tau)$ とすると，

$$\rho(x,y;\tau) = e^{-\beta(x,y)\tau}, \tau \geqq 0 \tag{5}$$

となる． β が小さいほど $\rho(\tau)$ の減少する速度が遅くなるため，この β によって， w の持続性が高いことを表現することができる．これによって求められた β の分布を示すものが図 3 である．

3. **発達・衰弱量の空間的相関関係** $\rho^{\Delta}_{\eta,\xi}(x,y,\eta,\xi)$ ：発達・衰弱量の空間的な相関特性を検証するため，まず， $w(x,y)$ と， $w(x+\delta x, y+\delta y)$,$\delta x = i\cdot\delta, \delta y = j\cdot\delta$, $-5 \leqq i,j \leqq 5$ との相関係数を求める．その地点 (x,y) に対して求められた， 24 個の自己相関係数について 2. の時と同様に，

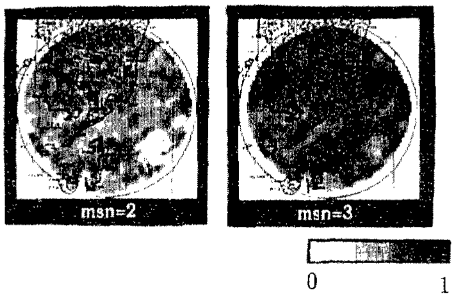

図 3 :時間的持続性を示す β の分布

$$\rho(x,y;\delta x,\delta y) = e^{-\alpha(x,y)\sqrt{\delta x^2+\delta y^2}} \tag{6}$$

とおき，α の値を求め，それを全領域に適用する．

5 考察及び結論 まず，図 2 を見ると，海上より地上の方が，発達量，衰弱量ともに大きい．さらに，図 3 から各メッシュにおける時間的持続性の指標である β は，海上に比べて陸上の方が小さく，発達・衰弱量の持続性が高いということがわかる．したがって，雨域の変動には，地形に依存しているところが大きいということができる．

一方，図には示していないが，空間的持続性を示す指標である α は，雨域の変動の特徴の，周囲の地点との関連性を表す．そのため，地形による影響を受け，地形分布の空間的規模に大きく左右された形で表現されていた．よって，この α に対しては，地形の標高データの空間相関関係などと対応させて，その地形的特徴を見いだしていくべきであると考える．

また発達・衰弱量の空間的スケールに対しては，平均化を行わない場合，発達・衰弱量の変動性の大きさから地域的な特徴を見ることは難しいことが分かった．本論文で解析した結果から，時間的な持続性などを見る場合には少なくとも 15 km × 15 km，空間的な持続性を見る場合には 9 km × 9 km 程度の平均化を行えば，特徴を見いだすことが可能となると考えられる．

[参考文献] 1) 椎葉充晴・高棹琢馬・中北英一 (1984)：第 28 回水理講演会論文集，pp.423-428.
2) 高棹琢馬・椎葉充晴・宝　馨・中北英一 (1984)：第 21 回自然災害科学総合シンポジウム講演要旨集，pp.267-270.