

京都大学大学院 学生員
京都大学防災研究所 フェロー

○鈴木善晴 京都大学防災研究所 正員 中北英一
池淵周一

1 はじめに 防災および水資源工学的な立場から、対象流域の地形特性を考慮した降雨の時空間分布特性の解明が強く求められている。本研究では、地形依存特性を考慮した降雨分布の時間積分過程とそのスケール階層構造を明らかにすることにより、降雨分布の確率構造の解明とそのモデル化を行う。

ただし、従来のような地上雨量計データに基づいた解析では、山岳域の降雨分布の再現性に限界があるため、本研究では、九州南部および近畿地方に位置するレーダー雨量計（建設省国見山レーダー雨量計・深山レーダー雨量計）による降雨観測情報を解析対象として、詳細な降雨分布特性の解明を試みる。

2 時間積分過程におけるスケール階層構造 中北ら [1],[2] によれば、降雨分布の地形依存特性には時間スケール階層構造が存在する。すなわち、短い時間スケール（一雨程度）における降雨分布の地形依存特性は一雨ごとに様々な変動を示すが、比較的長い時間スケール（週～月程度）の積分降雨量分布においては、地形に対して一定の対応を示すようになる。一方、従来の知見からは、時間雨量スケールの降雨分布には地域的な偏りを見ることはできないが、日雨量スケールの降雨分布では一雨ごとに、地形と対応した地域依存性が現れるようになる。両者を総合すると、降雨分布の時間積分過程は、日雨量および月雨量程度の二つの時間スケールを境界とした三階層よりなるスケール階層構造を成しているという仮説が成り立つ。その概念図を図 1 に示す。このように、降雨分布の時間積分過程を階層構造として理解することによって、降雨分布に対する地形の効果を大小さまざまな時間スケールにおいて把握することが可能になる。

3 標高層別化地形依存モデル 近畿地方の降雨分布を対象として、横軸に地形標高、縦軸に積分降雨量を取り、解析対象の全地点をプロットしたグラフを図 2 に示す。領域平均降雨量 50mm, 100mm, 300mm の 3 ケースを示した。縦軸は対数軸とし、領域平均降雨量との比を取ることによって正規化して表示し

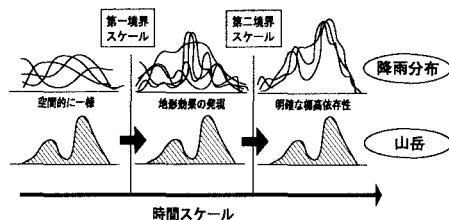


図 1：時間スケール階層構造の概念図

た。ここで、領域とはレーダー定量観測領域（およそ 100km 四方の空間スケール）である。

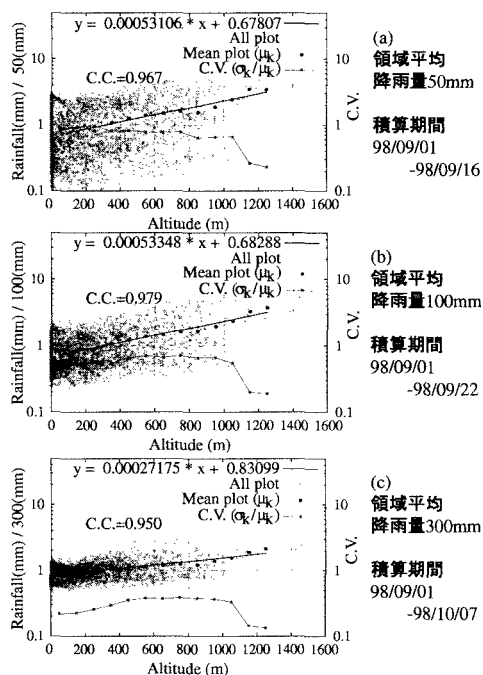


図 2：積分降雨量と地形標高の関係（近畿地方）

さらに、地形標高を 100m 間隔で層別化し、各区分内での空間平均降雨量 μ_k をプロットしたところ同図に示すように直線的な分布となり、地形標高との相関係数が 0.9 以上の非常に高い値を示した。すなわち、「標高区分内平均降雨量の対数値」と「地形標高」との間に明確な直線関係が存在することが明らかとなった。このような極めて特徴的な関係は本研究においてはじめて見いだされたもので、積分降雨量

分布の特性を示すものとして注目すべきものである。以後、この直線を標高層別化回帰直線と呼び、同直線に基づいた標高-降雨量関係を標高層別化地形依存モデルと呼ぶこととする。

4 地形依存モデルと階層構造 次に、図2に示した降雨量の標高区分別変動係数(C.V.)を見ると、領域平均降雨量が多くなるとともに、すなわち積分時間スケールが長くなるとともに値が小さくなる傾向がある。すなわち、時間スケールとともに標高層別化回帰直線周りのばらつきが小さくなっている。

ここで、これら分布特性の変化の様子を示したグラフが図3である。グラフには、(1)標高層別化回帰直線の傾き、(2)標高区分別変動係数の全区分平均値、などを表示した。ここで、(2)に着目するとスケール階層構造の特徴が明確に表れている。すなわち、時間スケールが長くなるとともに変動係数の値が次第に減少し、領域平均降雨量200mmを境にしてほぼ一定値に収束している。したがって、領域平均降雨量200mm程度の時間スケールがスケール階層構造の第二境界スケールに対応し、その前後で降雨分布の地形依存特性が明らかに変化していると言える。

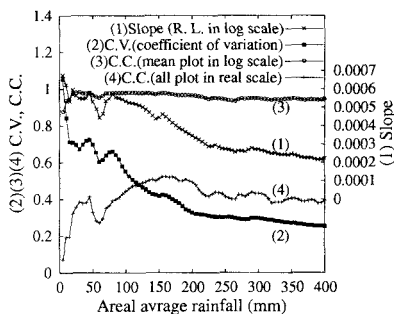


図3：領域平均積分降雨量に対する分布特性の変化（積算期間 98/09/01 - 98/10/17）

5 地形依存モデルの確率構造 以上の考察結果をもとに標高層別化地形依存モデルの定量化を試みる。使用したデータは近畿地方における4年間（1988年～1990年および1998年）6月～10月の降雨レーダー情報である。同モデルの確率構造は以下の三要素によって構成される。

1. 標高層別化回帰直線の変動特性
2. 同直線周りの分散構造
3. 同直線からの偏差の空間相関構造

はじめに、1について解析を行った。領域平均降雨量4ケースにおいて、標高層別化回帰直線の変動の様子

を示したものが図4である。同図からは領域平均降雨量が多いケースほど直線の傾きの変動が小さいという特徴を見て取ることができる。

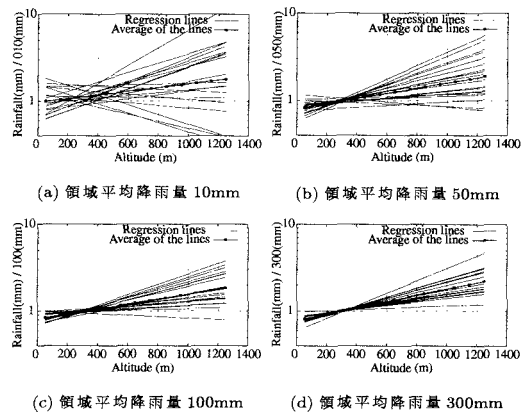


図4：各積分降雨量における標高層別化回帰直線

また、積分時間スケール T における領域平均降雨量を $\mu(T)$ (mm)、標高区分内平均降雨量を $\mu_k(T)$ (k は標高区分番号)とすると、標高層別化回帰直線は以下のように定式化される。

$$\ln \left\{ \frac{\mu_k(T)}{\mu(T)} \right\} = a \cdot Z_k + \ln \left\{ \frac{\sum_k V_k}{\sum_k \exp(a \cdot Z_k) \cdot V_k} \right\} \quad (1)$$

ここに、 Z_k は標高区分 k における平均標高、 V_k は標高区分 k の面積を表す。また、 a はサンプルごとに決まるパラメータである。ここで、パラメータ a を変化させて同直線の感度分析を行ったところ、領域平均降雨量50mm以上のケースにおいては理論値と観測値が非常によい対応を示すことが分かった。このことは、同ケースにおける標高層別化回帰直線モデルの妥当性を示している。

また、2.分散構造や3.空間相関構造について解析を行った結果、詳細は省略するが、降雨分布の確率構造を定量化することができた。

6 おわりに 本研究では、従来は困難であった降雨分布の地形依存特性の定量化、および降雨分布の確率構造モデルの構築を行うことができた。今後は、計画降雨策定時における降雨分布の確率構造の導入等に応用していきたい。

参考文献

- [1] 中北・鈴木・池淵：降雨分布の地形依存特性のスケール階層構造，第53回土木学会年次学術講演会，1998。
- [2] 中北・鈴木・池淵：降雨分布の地形依存特性における時間スケール階層構造，水工学論文集，第44巻，2000。