

空間スケールおよび複数の地形因子を考慮した降雨-地形関係の解析

宇都宮大学工学部 学生員 ○鎌田雅憲 宇都宮大学工学部 正員 鈴木善晴
宇都宮大学工学部 正員 長谷部正彦

1 はじめに

水文学上の重要課題の一つとして、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、近畿地方に位置する深山レーダ雨量計による降雨観測情報を解析対象として、地形標高、山岳斜面の傾きおよび山岳斜面の向きなどの地形因子が、降雨の時空間分布特性とどのように関連しているのかという山岳地域における降雨-地形関係の解析を試みる。

2 研究の背景と目的

鈴木ら¹⁾によれば、深山レーダ雨量計による降雨分布データを解析した結果、降雨分布の標高依存直線という明確な降雨-地形関係の存在が明らかとなっている。同直線は領域の平均的な降雨-地形関係を表しており、その傾きが大きいほど降雨分布への地形効果が大きいことを意味している。しかしながら、より小さな空間スケールで降雨-地形関係を捉えた場合には、標高以外の地形因子の影響や気候特性の相違などのため、地域によって異なった降雨-地形関係を示すと考えられる。そこで本研究では、新たに山岳斜面の傾きおよび向きを地形因子として導入し、適当な空間スケールで斜面分割を行うことによって、より詳細な降雨-地形関係の解明を試みる。

3 地形因子の算出方法および斜面分割

本研究では、まず山岳斜面の平均的な特徴を表した地形因子を算出し、さらに、ほぼ一樣な地形因子を持つ連続した斜面ごとに山岳を分割することによって、より均質な降雨-地形関係を抽出し、それらの特徴について詳細な解析を行なう。

はじめに、1kmグリッドの地形標高データ（国土数値情報）を用いて、斜面の向きおよび傾きを各グリッドが持つ地形因子として算出した。具体的には、各グリッドを中心とする影響半径円内の近似平面を2次元の最小二乗法により求め、この近似平面より得られる法線ベクトルの向きおよび傾きを、それぞれ山岳斜面の向きおよび傾きと定義した。次に、領域内の山岳を斜面の向きにより東西南北に4分割、斜面の傾きにより2分割（領域平均値を閾値とする）の計8タイプの山岳斜面に分類し、各斜面タイプには、南東北西の順に緩斜面にはType1~4、急斜面にはType5~8の番号を付けた。例として、影響半径を30kmおよび20kmとした場合のタイプ別斜面分割図を図1(a),(c)に示す。図1からは、影響半径が変化す

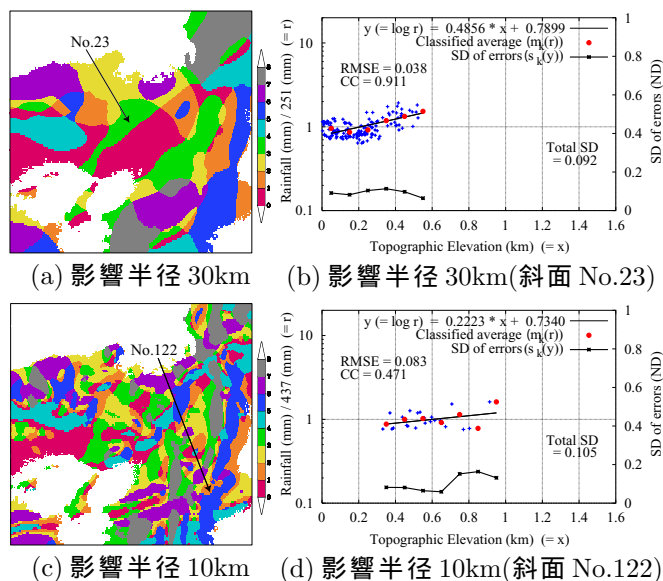


図1：タイプ別斜面分割図および積分降雨量と地形標高の関係（近畿地方，全領域の平均降雨量:300mm）

ることによって斜面の捉え方が異なることがわかるが、どちらの分割図も、対応する空間スケールにおける実際の地形の特徴をよく捉えており、十分妥当な斜面分割であるといえる。

4 分割斜面における降雨分布の標高依存直線

前節において得られた各分割斜面に対して、深山レーダ雨量計の降雨観測情報より、鈴木ら¹⁾と同様に降雨分布の標高依存直線を求めた。本研究で用いたデータは、88年、89年、93年の6月~9月のデータである。一例として、全領域平均の積分降雨量が300mmの降雨分布（1989年9月1日~7日）に対して、影響半径が30kmおよび10kmのケースにおける標高依存直線を図1(b),(d)に示した。鈴木ら²⁾は標高依存直線による直線関係成立の判別条件として、標高依存直線のRMSE（Root Mean Square Error）を計算している（0.1以下のとき成立）が、同図ではRMSEが0.1以下と明確な直線関係が成立している。すなわち、適切な斜面分割を行なうことによって、空間スケールが限定された比較的小さな山岳斜面においても標高依存直線が成立することが明らかとなった。さらに、斜面の空間スケールを適当に変化させ、より均質な降雨-地形関係を捉えることができれば、標高依存直線をベースとした詳細な降雨-地形関係のモデル化が可能になると考えられる。

5 斜面分割の空間スケールと降雨-地形関係

キーワード：降雨レーダー，降雨分布，地形効果，AIC，空間スケール，降雨タイプ

宇都宮大学工学部建設学科（〒321-8585 宇都宮市陽東7-1-2，TEL：028-689-6214，FAX：028-689-6213）

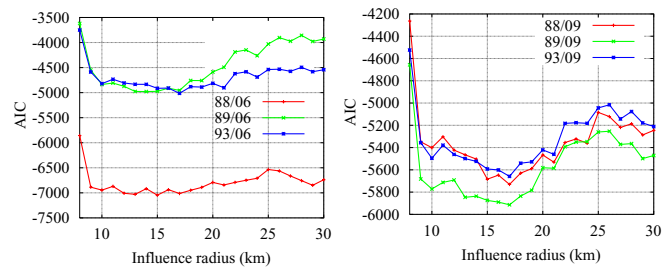
次に、どの程度の空間スケールで斜面分割を行えば、標高依存直線により、領域全体の降雨-地形関係を最も良く捉えることができるのかについて調査を行うため、モデルの良し悪しを評価する情報量基準AICを指標として解析を試みる。

はじめに、標高依存直線周りのプロットの分布は標高依存直線を平均値とする正規分布に従うという仮定のもとで、標高依存直線をベースとした統計モデルを構成した。各斜面ごとに分散パラメータが異なるものとしてモデル化した場合、同モデルにおけるAICは以下の式によって求められる。

$$AIC = \sum_{j=1}^m \{n(j) \log 2\pi + n(j) \log \hat{\sigma}^2(j) + n(j) + 2 \times 1\}$$

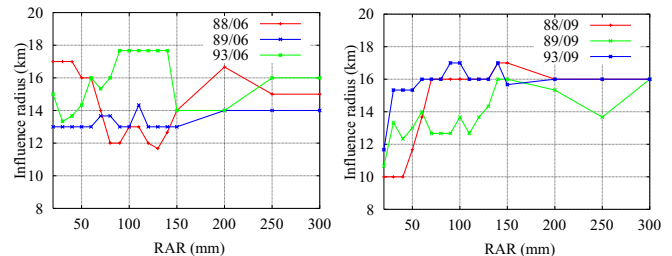
ここで、 $n(j)$ 、 $\hat{\sigma}^2(j)$ はそれぞれ斜面番号 j のグリッド数および分散パラメータの最尤推定量、 m は斜面分割数である。AICとは、その値が小さいモデルほど優れたモデルであることを意味する。影響半径が小さくなると各斜面の標高依存直線周りの誤差分散は必然的に小さくなるが、一方で、斜面分割数が増えることによってパラメータ数も増加するため、モデルの精度は必ずしも向上しない。すなわち、領域全体として、最も精度よく降雨-地形関係をモデル化することのできる斜面分割スケールを求めるため、誤差分散とパラメータ数のバランスを評価することのできるAICを用いた。

はじめに、影響半径とAICとの関係を図2に示す。同図は、解析期間の6月および9月における領域平均降雨量300mmのケースに対して求めたものである。同図より、AICが最小となる最適影響半径は、6月は14~17km、また9月は3ケースとも17kmとなっている。次に、その他の領域平均降雨量についても同様に解析を行ったところ、6月および9月における領域平均降雨量と最適影響半径との関係は図3に示すような結果となった。6月における最適影響半径は、変動はあるもののおよそ15km程度で一定値をとるが、9月における最適影響半径は、6月と比べると、領域平均降雨量50mm以下において大きく低下している点が特徴的である。ここで、天気図を用いて調べたところ、解析期間の6月は降雨分布の一樣性が高い層状性の降雨、9月は局所的変動の激しい対流性の降雨が卓越していたことが確認された。すなわち、図3に示される特徴は、これらの降雨タイプの違いに起因するものであると考えられる。ただし、解析期間全体としては、影響半径15km程度が最適な影響半径であり、同影響半径における分割斜面を用いて解析を行うことによって、より詳細な降雨-地形関係を明らかにすることができると考えられる。影響半径15kmでの斜面分割の様子、および各斜面における標高依存直線の傾きの大きさ（93年9月、領域平均降雨量300mm）を図4に示す。



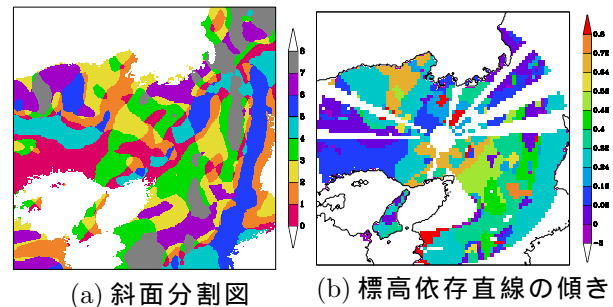
(a) 解析対象期間の6月 (b) 解析対象期間の9月

図2：影響半径とAICとの関係



(a) 層状性降雨（6月） (b) 対流性降雨（9月）

図3：領域平均降雨量と最適影響半径の関係



(a) 斜面分割図 (b) 標高依存直線の傾き

図4：影響半径15kmにおける斜面分割図および各斜面における標高依存直線の傾きの大きさ分布図（93年9月、領域平均降雨量300mm）

6 おわりに

本研究では、様々な空間スケールにおいて山岳斜面の平均的な特徴を表した地形因子を算出し、ほぼ一様な地形因子を持つ連続した斜面ごとに山岳を分割することによって、降雨-地形関係を最も精度よく捉えられる空間スケールを明らかにした。また、その最適な空間スケールが降雨タイプにより異なることも示された。

今後の課題としては、他の斜面分割方法について検討を行うとともに、各斜面タイプにおける降雨分布特性を解析することによって、地形因子が降雨分布に与える影響の解明に取り組む予定である。

参考文献

- 1) 鈴木善晴・中北英一・池淵周一：標高依存直線に基づいた降雨分布の地形依存特性の解明，水工学論文集，第45巻，pp.301-306，2001。
- 2) 鈴木善晴・宮田昇平・中北英一・池淵周一：メソ気象モデルによる数値シミュレーションに基づいた降雨-地形関係の解析，水工学論文集，第47巻，pp.37-38，2003。