

(Ⅱ - 47) 山地地形の勾配と標高が降雨に及ぼす影響に関する数値的検討

中央大学理工学部 学生員○松浦 直 中央大学大学院 学生員 斉藤 大作
北見工業大学工学部 正 員 内島 邦秀 中央大学理工学部 正 員 山田 正

1. はじめに 急峻な山間部での降雨観測の例は少なく、山地流域における降雨特性の詳細はいまだ明らかにされていない。そこで、著者らはこれまでに山地流域において降雨観測を行い山地流域においては山の標高や勾配、起伏などの地形形状が降雨の分布特性に影響を及ぼしていることがわかってきた。本研究では、以下で示した3つの地形形状のもとで降雨の数値シミュレーションを行い、山の標高や勾配、起伏などの地形形状が降雨現象に及ぼす影響を数値的に明らかにした。

2. 降雨モデルの概要 本研究で用いた降雨モデルはHobbsモデルである。基礎式は表1に示した通りである。このモデルにおける従属変数は、水蒸気混合比 q_v 、雲水混合比 q_c 、雲氷混合比 q_i 、雪の混合比 q_s 、雨の混合比 q_r 、温度 T の6個である。このモデルは雪及び氷晶を考慮しているため、地形性降雨などの実現象により近い解析モデルであるといえる。

3. 計算条件 解析領域は水平方向に63km、鉛直方向に5000mの x - z 平面とし、初期条件や境界条件、その他の計算条件は表2に示した通りである。また、風の場合は P -potential flowで与えた。

4. 計算結果と考察 図1の(a)、(b)、(c)はそれぞれ勾配を一定に保ち標高を変化させた場合、標高を一定に保ち勾配を変化させた場合、標高を一定に保ち起伏を変化させた場合について計算した地上降雨強度の水平分布である。《a. 標高の影響》図1の(a)より、A(600m)、B(900m)、C(1200m)と山の標高が高くなっても地上における降雨の分布域は変化しないことがわかる。しかし、標高が高い山ほど降雨強度は強くなり、降雨強度の最大値はA=1.90mm/hr、B=3.63mm/hr、C=4.61mm/hrと大きくなる。また図1の(a)より、標高が高くなるにつれて降雨強度の最大値を示す位置はA=36km、B=33km、C=32

kmと風上側に移動することがわかる。これは、山の標高が高くなるほど地形の変化がより風上側から始まるため、流入する大気が地形の影響を早くから受けるためである。従って、降雨強度が強くなり始める位置もA=28km、B=25km、C=23kmとより風上側になり、降雨強度の最大値を示す位置も風上側に移動する。《b. 勾配の影響》図1の(b)よりA(56.25:1000)、B(75.00:1000)、C(112.50:1000)と勾配が急になっても地上における降雨の分布域、降雨強度の最大値及び最大値を示す位置は変化しない。ここで、(a)の場合と同様に降雨強度が強くなり始める位置がA=28km、B=26km、C=24kmと2km位ずつずれているが、これも(a)の場合と同様に山の裾野の位置がA、B、Cで違うために降雨に対する地形の影響が出始める地点に差がでるものと考えられる。

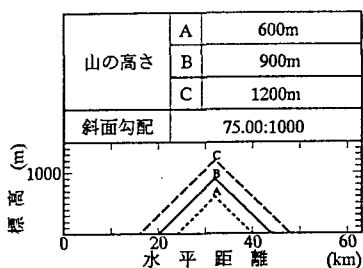
$$\begin{aligned} \frac{\partial q}{\partial t} + u \frac{\partial q}{\partial x} + w \frac{\partial q}{\partial z} &= \frac{S}{\rho} \quad (q = q_v, q_c, q_i, q_s, q_r, S = S_v, S_c, S_i, S_s, S_r) \\ \frac{\partial q}{\partial t} + u \frac{\partial q}{\partial x} + (w + \bar{V}) \frac{\partial q}{\partial z} + \frac{q}{\rho} \frac{\partial (\rho \bar{V})}{\partial z} &= \frac{S}{\rho} \quad (q = q_v, q_c, q_i, q_s, q_r, S = S_v, S_c, S_i, S_s, S_r) \\ \frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + w \left(\frac{\partial T}{\partial z} + \Gamma_s \right) &= \frac{S_s}{\rho} \end{aligned}$$

ここで、
 q_v : 水蒸気混合比 q_c : 雲水混合比 q_i : 雲氷混合比
 q_s : 雪の混合比 q_r : 雨の混合比
 ρ : 乾燥大気密度 Γ_s : 乾燥断熱減率
 $\bar{V}$: 落下速度 u, w : x, z 軸方向の風速

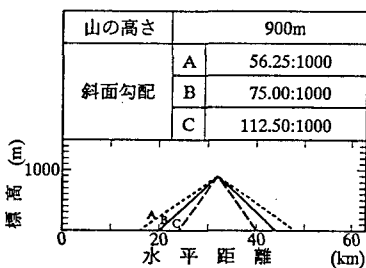
表1 Steven and Hobbs モデルの基礎式

	初期条件	境界条件
水蒸気量	計算領域内に相対湿度100%の1様分布を与える。	風上側境界から相対湿度100%の大気を流入させる。
温度分布	地上温度を288.15kで与え、鉛直方向には乾燥断熱減率で減少させ水平方向には一様で与える。	上端 $\frac{\partial T}{\partial z} = 0$ 下端 初期条件で固定する。 風上 初期条件で固定する。 風下 $\frac{\partial T}{\partial x} = 0$
混合比	$q_v, q_c, q_i, q_s, q_r = 0$	上端 $q_v, q_c, q_i, q_s, q_r \rightarrow \frac{\partial q}{\partial z} = 0$ 下端 $q_v, q_c, q_i, q_s, q_r \rightarrow \frac{\partial q}{\partial z} = 0$ 風上 $q_v, q_c, q_i, q_s, q_r = 0$ 風下 $q_v, q_c, q_i, q_s, q_r \rightarrow \frac{\partial q}{\partial x} = 0$
飽和氷蒸気混合比	$q_{s,s} = 100\%$	
気圧分布	静水圧分布で与える。	
風速分布	風上側境界から $u=10m/s$ の1様風速で与え、風の場合はPotential flowモデルで計算する。	
計算幅	$\delta x=1000m, \delta z=200m, \delta t=10s$	
拡散係数	$300m^2/s$	

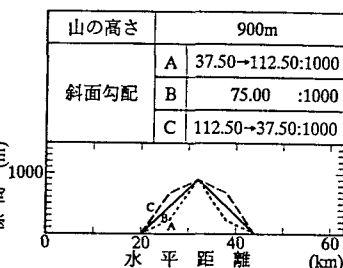
表2 計算条件



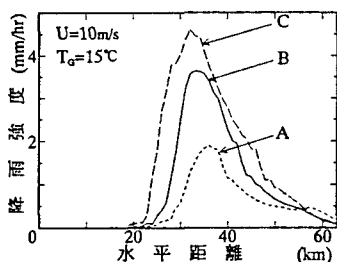
(a) 勾配を一定に保ち標高を変化させたときの山の形状



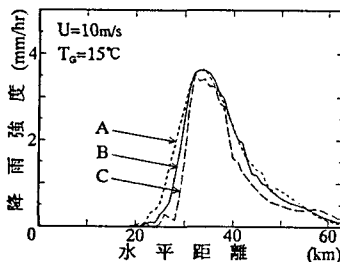
(b) 標高を一定に保ち勾配を変化させたときの山の形状



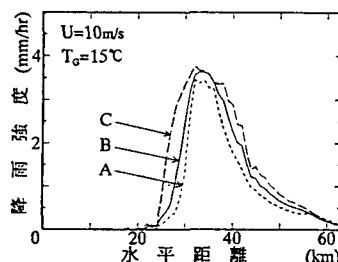
(c) 標高を一定に保ち起伏を変化させたときの山の形状



(a) 勾配を一定に保ち標高を変化させたときの降雨強度の水平分布



(b) 標高を一定に保ち勾配を変化させたときの降雨強度の水平分布



(c) 標高を一定に保ち起伏を変化させたときの降雨強度の水平分布

図1 各地形条件での降雨強度の水平分布の比較

《c. 起伏の影響》図1の(c)より、A、B、Cと起伏に変化をつけても地上における降雨の分布域は変化しないことがわかる。また、降雨強度の最大値は3.5mm/hr～3.7mm/hrで一定で、降雨強度の最大値を示す位置もA、B、Cともに山頂から山頂の風下側1km位の範囲でほとんど変化しないことがわかる。しかし、山の風上側斜面における降雨強度はC(凸斜面)の場合にかなり大きくなり、起伏の無いBの場合と比較すると大きい所では3倍以上も降雨強度に差が出た。図1からわかるようにCの風上側斜面における降雨強度の水平分布はx=28km付近で折れ曲がったような分布をしている。これは斜面の形状の影響、つまりは標高の影響をそのまま受けた分布であるといえる。また、(c)のAと(b)のCとを比較すると降雨強度の水平分布はほとんど一致する。これは水平距離26km～38kmの地点の標高225m以上における山の形状が全く等しいためであり、この程度の起伏では標高が低いところの山の形状は降雨強度の水平分布に影響を及ぼさないことがわかった。

5. まとめ 山の標高と勾配、起伏が地形性降雨に及ぼす影響に関して以下のことが明らかになった。(1)標高が高い山ほど地上での降雨強度は強くなる。しかし、地上での降雨域は変化しない。(2)山の勾配は地上降雨強度にも降雨域にもほとんど影響を与えない。(3)同じ大きさの起伏でも標高が高い所にある起伏の方が低い所にある起伏よりも地上の降雨強度に影響を与える。

謝辞:本研究は科学研究費一般研究(c)(代表 山田 正)の援助を受けている。ここに記して謝意を表すものである。

〈参考文献〉 1)Steven A.R. and Hobbs, P.V.:The Mesoscale and Microscale Structure and Organization of Clouds and Precipitation in Midlatitude Cyclones. VIII:A Model for the "Seeder-Feeder" Process in Warm-Frontal Rainbands, J. of Atmos. Sci., vol. 40, pp. 1185-1206, 1983. 2)松浦正典・日比野忠史・山田正:冷たい雨のモデルを用いた1次元及び2次元地形性降雨の解析、第48回年次学術講演会講演概要集、