土木学会第58回年次学術講演会(平成15年9月)

山岳域における降雨-地形関係のメカニズムに関する数値実験

京都大学大学院工学研究科	学生員	○宮田昇平	宇都宮大学工学部	正員	鈴木善晴
京都大学大学院工学研究科	正員	中北英一	京都大学防災研究所	フェロー	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.本研究ではメソ気 象モデル MM5 を用いた実験的な数値シミュレーショ ンを行うことによって,降雨-地形関係の解析を行う. 2 本研究の背景と目的 著者ら¹⁾は近畿地方など を対象とした降雨-地形関係に関する数値シミュレー ションを行い,降雨分布には山岳のスケールが大きく 影響することを明らかにしている.本研究では,地 形標高,山岳の水平スケール,一般風の強度を変え た実験的な数値シミュレーションを行うことにより, それらが降雨-地形関係に及ぼす影響を明らかにし, 地形効果発現のメカニズム解明を試みる.特に,本 研究では,鈴木ら¹⁾と同様に,降雨-地形関係を定量 化するための指標である降雨分布の標高依存直線に 着目して解析を行う.

計算条件は,グリッド間隔3km × 3km,計算時間ス テップ9秒,計算領域120×120グリッドとし,同領域 中央の60×60グリッドにおける6時間積算降雨量の 分布に対して解析を行った.また地形条件としては, 大石ら²⁾と同様にベル型の地形を用い,大気条件と しては,雲底高度1400m,雲頂高度7400mとなるよう な条件付き不安定の大気場を水平一様として与えた. また,一般場の風速については,鉛直シアはないも のとし,全高度一定として与えた.

3 降雨のピーク位置による降雨-地形関係の変化

地形による力学的強制上昇の影響を受けて発生した 積雲は,一般風により移流されながら発達する.そ のため,一般に積雲の発生した位置と降雨のピーク 位置は一致せず,降雨のピーク位置は地形や一般風 の影響を受けて変化すると考えられる.本研究では, はじめに,降雨のピーク位置によって降雨-地形関係 がどのように変化するかについて解析を行う.

まず,一般風を 10m/s で一定とし,最高標高が 1000m(Case1),2000m(Case2)と異なる地形を用い た2ケースについて,シミュレーション開始から6時 間の積算降雨量の分布を図1に示す.また各ケース の風上斜面および風下斜面における地形標高と積算 降雨量の関係を図2に示す.図1より降雨のピーク 位置がCase1では山頂より風下側,Case2では風上側 にあることがわかる.図2 からは,Case2の風上斜 面,風下斜面においては,層別平均値(赤プロット)



が大きく直線からずれており標高依存直線は成立し ていないことがわかる.特に,風上斜面における層 別平均値は放物線を描くように婉曲しており,山岳 の中腹において相対的に大きな降雨域があることを 示している.一方,Case1の風上斜面においては,明 確に標高依存直線が成立している.また,Case1の風 下斜面においては,層別平均値の直線関係は成立し ているものの,標高依存直線まわりのばらつきが大 きく,降雨-地形関係の変動が非常に大きい.

ここで,一般風の強度を変えたシミュレーションを 行ったところ,降雨のピーク位置は風速とともに変 化することがわかった.その中で,ピーク位置がほぼ 山頂と一致しているケースに着目すると,風下斜面 においても標高依存直線まわりのばらつきが小さく, 明確に標高依存直線が成立していた.すなわち,標 高依存直線が成立するかどうかは降雨のピーク位置 に大きく影響されることが明らかになった.

以上より,次のように整理することができる.降雨

キーワード:降雨分布,地形効果,地形標高,斜面勾配,一般風,数値シミュレーション 京都大学防災研究所(〒611-0011 宇治市五ケ庄, TEL 0774-38-4247, FAX 0774-32-3093) 11-007

のピーク位置としては,(1)風上斜面にある,(2)山頂 付近にある,(3)風下斜面にある,の3ケースが考え られるが,その中で標高依存直線が成立するのは(2) のケースの風上・風下斜面,(3)のケースの風上斜面 である.ただし,風上斜面においては,標高依存直線 が成立するしないに関わらず,降雨分布と地形との 関係が非常に明確なものとなっている.

4 一般風の強度および山岳の水平スケールの影響 標高依存直線は降雨-地形関係を定量化するための 指標であり、その傾きが大きいほど降雨分布の標高 依存性が高いと考えることができる.本節では、最高 標高1000mのケースにおける風上斜面に着目し、一 般風の強度および山岳の水平スケールが降雨-地形関 係に及ぼす影響について解析を行う.

まず,降雨のピーク位置と一般風の強度との関係 を図 3 に示す.ここで,図中の MW は,山岳の標高 がおよそ半分となる中心からの距離を示すパラメー タであり, MW が大きいほど山岳の水平スケールが 大きく,斜面勾配は小さくなる.同図より,一般風の 強度が増加するつれて,降雨のピーク位置は徐々に 風下側に移動するが,その範囲は風下側15~30km程 度までとなっている.また,一般風の強度が同程度で あれば,山岳の水平スケールが大きいほどピーク位 置がより風上側に存在していることがわかる.これ らの理由は以下のように考えることができる.山岳 の影響を受けて発生した積雲は一般風により移流さ れる.しかしながら,どこまでも移流されるわけで はなく,積雲が風下側に達するとそれまで積雲を支 えていた上昇流がなくなることにより,大部分の降 水粒子は落下を始める.そのため,降雨のピーク位 置はさらに風下側にシフトすることができないと考 えられる.一方,山岳の水平スケールが大きいほど, 積雲が発生するのに必要な鉛直上昇流がより風上側 で発生するため,積雲が成熟期に達する位置(すな わち降雨のピーク位置)もまたより風上側にシフト すると考えられる.

次に,一般風の強度と風上斜面における標高依存 直線の傾きおよび同直線のRMSE(Root Mean Square Error)との関係を図4に示す.同図からは,一般風 の強度が増加するにつれて,標高依存直線の傾きが 次第に大きくなり,ある一般風の強度において極大 値を示すことがわかる.そしてその一般風の強度は, 図3より見てとれるように,降雨のピーク位置が山 頂付近に位置するときの値とおよそ対応している. ただし,一般風の強度が小さいときは,標高依存直 線の成立の度合いを表すRMSEが大きく,標高依存 直線はあまり成立していないが,その傾きの大きさ の意味するところは同様である.すなわち,標高依 存直線の傾きは,降雨のピーク位置がちょうど山頂 付近に存在する時に最大となり,この時,降雨分布



図 3: 降雨のピーク位置と一般風の強度の関係.(ただし ピーク位置は山頂を0として,正が風下側を表す.



図 4: 一般風の強度と風上斜面における標高依存直線の 傾きおよび同直線の RMSE との関係

に対する標高依存性が最も大きくなると考えること ができる.さらに,図4より,その傾きの最大値は, 山岳の水平スケールが小さいほど大きいことがわか るが,この理由は以下のように考えることができる. 山岳の水平スケールが小さいほど斜面勾配が大きい ため,より強い鉛直上昇流が発生し,積雲が急速に 成長する.その結果,積雲の成長にともなう降雨強 度の増加速度もより大きなものとなるが,その値と 積雲の移流にともなう(積雲が位置する地点の)地 形標高の増加率との比が,山岳の水平スケールの大 きいときを上回ったために,標高依存直線の傾きが 相対的に大きくなったと考えられる.

5 <u>結論</u>以上,本研究の解析により,降雨-地形関 係は降雨のピーク位置によって大きく変化すること, また降雨分布の標高依存性の程度は一般風の強度お よび山岳の水平スケールにより異なることが明らか になった.今後の課題としては,山岳を複数連ねたと きに降雨-地形関係がどのように変化するかなど様々 な地形条件や気象条件による影響について解析を行 うとともに,降雨強度の標高依存性のメカニズムに ついてさらに詳細な解析を行う予定である.

参考文献1) 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.73-78,2003. 2) 大石哲・木谷有吾・中北英一・池淵周一:豪雨の生起・発 達に地形が及ぼす影響に関する数値実験的研究,京都大 学防災研究所年報,第39号/B-2,1996.