

P 47 雨量局配置に関する一考察

和歌山県土木部 砂防課 大橋 和也
 和歌山県西牟婁振興局建設部 小井 宣秀
 日本工営株式会社 高柳 則男

1 はじめに

土砂災害の多くは降雨を引き金として発生する。和歌山県においても降雨は土砂災害発生の新近動因の原因となってきた。従って降雨を精度良く計測する事が土砂災害の予警報については防災の成否を左右するといえる。和歌山県は、防災情報システムの構築を情報基盤緊急整備事業の一環として平成8年より進めてきたが、降雨を監視することにより土砂災害に対する予警報を発令する機能をもたせている。降雨監視のための雨量局の配置について検討を行なったのでここに報告するものである。

2 雨量計配置に関する検討

2.1 変動係数と必要雨量局数

降雨はその事象ごとに面的な広がりあるいはバラツキをもっており、一方、雨量の計測は地点雨量計によるものが最も精度が高く安定している。従って、ある流域の面雨量は地点雨量計の計測値をもとに推定することになるが、地点毎に変動を持つ降雨を有限個の雨量計データから推定した場合の精度は、設置した雨量計の個数に関係する。建設省の河川砂防技術基準によれば、流域降雨のバラツキを表す変動係数 C_v を用いて、必要な観測局数を下記の式から求めることとしている。

$$N \geq (Z_\alpha \cdot C_v / \epsilon)^2 \quad (1)$$

ここに N その流域に必要な雨量観測局数
 C_v 流域内の降雨の面的な変動係数
 Z_α 標準正規分布で超過確率 α を与える変数
 ϵ 精度

変動係数は流域面積をパラメータとしてグラフから求める事となっている。これは、降雨の面的な分布を正規分布と仮定し、面雨量を地点雨量の平均で求めた場合、その相対誤差が正規分布に従うことから導かれたものである。式(1)の各パラメータのうち ϵ と Z_α は降雨の推定精度およびシステムの信頼度を示す。すなわち、

ϵ (%) たとえば10%とした場合、誤差を10%まではみとめることになる

Z_α (%) たとえば25%とした場合、誤差が%より大きくなることは100回のうち25回以下

すなわち、両パラメータは目的に応じて決めることができる。つまり、必要雨量局数はもっぱら雨量の面的分布を示す変動係数 C_v によって決まることになる。変動係数が小さい場合、その地域の降雨は様であるから、少ない局数でも一定の精度を保ちつつ推定することができる。反対に変動係数が大きいと観測を密に行なう必要がある。予警報システム設計の立場からすると、変動係数をできるだけ小さく見積もることが望ましいが、変動係数はその地域の降雨発生によって異なる値を呈する。また雨の分布は同一の地域でも降雨事象毎に異なるので、その地域で生じる最大の変動係数を採用して局数を決める必要がある。

2.2 変動係数の地域特性

事象によらず一定の精度で降雨量を推定するためには、前述のように対象流域で生ずる最大の変動係数を用いて雨量局数を決める必要がある。このため、過去に土砂災害を引き起こした降雨の変動係数(実績値)のうち最大値を用いるのが、一つの方法である。変動係数が事象毎に異なる理由として 1) 降雨の成因、規模等の確率的な変動と、2) その他、流域の広がりや形の確率的変動、3) 降雨の地域特性が異なる地域を一括して変動係数を求めたことによる変動、に分けて考えることができる。すなわち、

$$C_v = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 \quad (2)$$

ここに C_v 過去のデータから求まる変動係数
 α_1 その地域特有の確率変動(降雨の成因等)
 α_2 その他の地域特有の確率変動(流域の形等)
 α_3 しばしば降雨事象が異なる地域を一括することにより生ずる変動

α_1 、 α_2 は本手法において対象とするべき変動である。一方、 α_3 は変動係数を求める対象地域を降雨の地域発生に応じて分割することでゼロにすることができる。言い方を變えると、流域を異にする地域を一括して求めた変動係数は極端に大きな値をもつことがあることを示す。

2.3 降雨事象による地域分割

降雨事象あるいは流域を異にする地域を一括しても求めた変動係数で必要雨量局数を決めると前述のように過大になる。逆に降雨事象が同一と考えられる地域に分割して求めた変動係数は小さくなる。この場合、観測局どうしの雨量曲線はほぼ類似なものとなる。すなわち、同じ降雨現象を計測している観測局の降雨データ(たとえば非閉鎖雨量)間の相関係数は高くなる。従って過去に土砂災害を生じた際各観測局で記録された時間雨量の相関マトリクスを作り、係数の高いものを同士をグループとすることで地域を分割することが可能となる。

2.4 雨量局配置検討の手順

危険渓流、危険斜面等が決まっており、保全対象の調査がなされている地域に土砂災害予警報システムを計画する場合、雨量局は以下の手順でその配置を検討することが出来る。

- 1) 土砂災害を生じた降雨データの整理
- 2) 相関マトリクスの作成
- 3) 流域の分割
- 4) 流域変動係数の推定
- 5) 流域別雨量局の支所面積の決定
- 6) 危険渓流、斜面等を覆う支所面積の検討
- 7) 土砂災害、電波伝播を考慮した配置の検討

3 和歌山県における検測事例

3.1 和歌山県の地勢と降雨

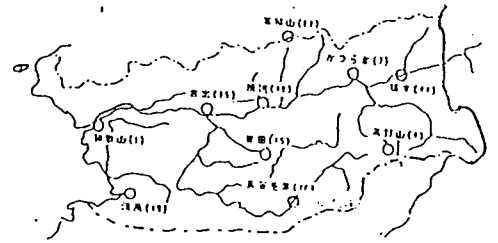
和歌山県は本州最南端をなす紀伊半島の南端であって太平洋に面している。また東を三重県、奈良県に、北を大阪府に接している。西は太平洋と瀬戸内海を繋ぐ紀伊水道である。県内には700~1000m級の山が多く、大起伏山地に分類される流域が数多く存在する。平地は希少で紀ノ川下流域に広がる和歌山平野が唯一のまとまった平野といえる。地質は概ね東西方向に分布しているが県内に多く見られる第三紀層の地帯崩壊、地すべりが頻繁に発生し、それらの崩壊土から土石流が起り易い状態にある。降雨は台風を含む低気圧、梅雨前線、秋雨前線、春雨前線および局地的な対流を原因としており、これらの原因が重なることも希ではない。従って和歌山県は多雨地帯であり、特に南端では年間3000mmをこえる。北部は瀬戸内海気候の影響を受けて年間降水量は低下し、県の北端では1500mm程度となる。

3.2 和歌山県の土砂災害と降雨

昭和28年以降、平成9年までの45年間に和歌山県では287回の土砂災害が記録されている。このうち、123回までは台風を含む低気圧性の豪雨によってもたらされた。次に多いのが梅雨前線と秋雨前線で、それぞれ86回、33回である。さらに、その他の前線帯降雨で13回、対流性の集中豪雨によって4回発生した。また降雨の成因不明のもの27回、降雨なしも1回ある。台風は紀伊半島の南岸に沿って移動する時に大雨を降らせるが、台風が近畿地方に到着前にかけて最大降水量をもたらす。従ってその時点では南風が卓越することが多く、斜面が南向きか、北向きかによって降水量に違いを生じた可能性もあろう。

3.3 流域の分割 (紀ノ川流域の例)

和歌山県では県下全域に対して24に述べた手順に沿って雨量計の配置を行なった。すなわち、振興局管内の既存時間雨量データの相関マトリクスを作成し、相関係数の高いもの同士をグループとして流域の分割を行なった。中でも紀ノ川流域について興味深い結果が得られている。紀ノ川は奈良県境の山地にその源を発し、県北部を西に流れて紀伊水道に注ぐ県下唯一の一級河川である。流域面積は1140km²で域内は海草、邦賀および伊都郡振興局が管轄している。年間降水量は下流域の1400mmから上流域2000mmまで分布する。管内で比較的長期にわたって時間雨量の記録のある観測局は和歌山、岩出、海南、高野山、長谷毛原、梁瀬、橋本、粉河、善田およびかつらぎの10局である。昭和28年から平成9年までの間に流域内で35回、106箇所土砂災害が記録されている。このうち10観測局全部が欠測なしに降雨を計測したのは26回分であった。これらの時間雨量の相関係数を求めたところ、橋本とかつらぎの0.88をはじめとして高野山-長谷毛原、高野山-梁瀬および岩出-和歌山はいずれも0.7をこえた。まずこれらの組み合わせをグループの核とした。次に、核を構成する全ての観測所と0.6以上の相関係数をもつ観測所をグループに加えた。こうして、紀ノ川流域は3つのグループに流域が割された。すなわち(グループ1)和歌山、岩出、海南(グループ2)高野山、長谷毛原、梁瀬、善田(グループ3)橋本、粉河、かつらぎである。結果的にグループ1は中下流域の平地部を、グループ2と3はそれぞれ上流域の左岸と右岸に分けることとなった。斜面の向きを反映する流域特性が表れたものと解釈できる。



紀ノ川流域の雨量観測局

和歌山	岩出	海南	高野山	長谷毛原	梁瀬	橋本	粉河	善田	かつらぎ
和歌山	0.0								
岩出	0.245	0.493							
海南	0.493	0.473	0.656						
高野山	0.419	0.462	0.673	0.881					
長谷毛原	0.293	0.452	0.724	0.833	0.734				
梁瀬	0.191	0.355	0.641	0.596	0.552	0.724			
橋本	0.312	0.673	0.518	0.683	0.552	0.447	0.33		
粉河	0.651	0.475	0.484	0.685	0.626	0.156	0.371	1	
善田	0.419	0.528	0.472	0.641	0.65	0.624	0.521	0.614	0.532

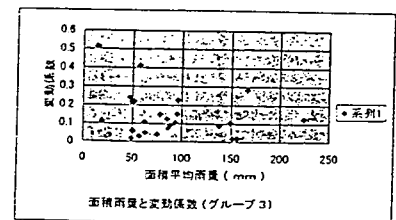
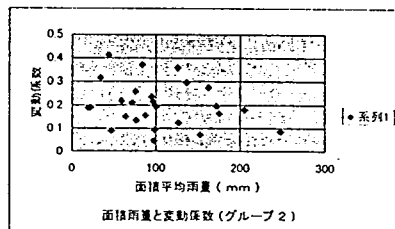
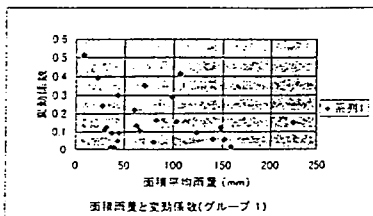
紀ノ川流域雨量観測局相関マトリクス

3.4 変動係数の推定と考察 (紀ノ川流域の例)

変動係数の最大値、必要観測局数および1観測局が代表できる円周の半径以下の通り。

- (グループ1) 最大値 0.513、必要観測局数 12、円周の半径 30km
- (グループ2) 0.412 8 43km
- (グループ3) 0.511 12 30km

以上の検閲結果は、紀ノ川流域に32箇所雨量観測局を設置することにより、精度90%、信頼度75%で降雨の推定が可能となる事を示している。因みに、昭和60年6月25日の降雨について流域全体を一括して変動係数を求めたところ、0.92となった。精度、信頼度を等しくして必要観測局数を求めると39となる。流域分割によって7箇所観測局が節約できたことになろう。



4 今後の課題

雨量データの相関係数によるグループ分けを行なった後、グループごとの変動係数を求め、必要観測局数を算出する方法を採用したが、相関係数がどれだけの数であれば、同一のグループと仮定できるかの検討が必要であろう。事実各地の相関係数はまちまちで、たとえば新宮建設局管内では0.8以上でグループ分けを行なう事ができた。

5 参考文献

社団法人 日本河川協会発行

改定新編建設省河川防災技術基準(案) 同前巻・調査編