

レーダ雨量計のデータをもとにした降雨の空間的分布特性について

名古屋大学大学院 学生員 ○林 尚一郎
 名古屋大学工学部 正員 松林宇一郎
 名古屋大学工学部 正員 高木 不折

1. まえがき

河川計画における洪水防御計画の基本となる基本高水は計画降雨をもとにした各種流出解析によって算定されている。計画降雨は一般に降雨規模を地点降雨の一雨雨量の統計解析によりT年確率雨量として算定し、この規模に適合するように実績降雨を引き伸ばすことによって決定されている。しかしこの方法では降雨の空間的な分布を十分考慮することができないという欠点をもっている。一方、空間分布を再現あるいは予測するための、種々の物理的機構を内包したシミュレーションも数多く提案されているが、これらの方法では確率年で表される降雨規模を組み込むことができていない。そこで本研究では降雨規模を念頭においた降雨の模擬発生手法構築の前段階として、レーダ雨量計より得られる降雨の空間的分布をフーリエスペクトルを用いて解析し降雨分布特性の検討を行った。

2. 解析方法

降雨は大気中の水蒸気が上昇気流によって上昇、冷却し、凝結することによって生ずる現象である。こうした水蒸気の密度や大気の乱れが原因となって生ずる雨雲、降雨はその成因、構造より、大気が広い範囲にわたって緩慢な上昇をすることによって生ずる一様降雨をともしなう層状雲と大気の急激な上昇によって生ずる局地的、集中的な降雨をもたらす対流雲に大別することができる。降雨はこうした種類の現象が前線、降雨バンド、降雨セルといった階層構造に組み込まれ、大気の乱れ、雲水量といったエネルギーは降雨によって消失する。このようなプロセスは乱流における、長波長成分から短波長成分へのエネルギー輸送と短波長成分での粘性によるエネルギー消失の過程と何らかの相似性があると考えられる。いま、降雨の空間分布特性をより簡潔、明確にとらえるために1次元の降雨場を考えると、降雨分布はフーリエ級数を用いれば(1)式で表される。ここに、 $a_0/2$ は領域(長さ $2L$)内の面積平均降雨強度、 A_i は振幅、 θ_i は位相角、 k_i は波数である。 A_i^2 は各波数でのフーリエスペクトルを示しており、この分布こそが降雨の特性をとらえる鍵となるものと考えられる。また降雨のもつ空間的ランダム特性はスペクトル分布、 θ_i 分布、両方に含まれているものと思われる。一方、(1)式は降雨分布が2つのパートから成り立っていることを示しており、右辺第1項目が平均降雨強度すなわち、降雨規模を表しているのに対し、第2項目は領域で積分するとすべて0になる正弦カーブの集まりであり、降雨の分布を規定している。つまり(1)式は降雨の分布とともに規模を陽に表現することができる長所をもっている。もちろん平均降雨強度は対象流域のスケールによって異なるわけであるが、あるスケール $2L$ をもつ流域の総降雨量規模 a_0L としてみた場合、規模とスケールの間にDAD解析的手法を用いることによって対象スケールに対する平均降雨強度を与えることができる。したがって、ある確率年に相当するDAD曲線をもとに対象とするスケールの降雨規模を定め、適切な A_i 、 θ_i を与えることによって、(1)式による降雨場の模擬発生が可能となる。以下ではスペクトル解析によって得られた A_i 、 θ_i の特性について述べる。

3. 解析結果

解析に用いた降雨データは名古屋地方気象台における気象レーダを使用して測定されたものである。これは、名古屋を中心に東西500km、南北500kmの範囲の各々2.5km間隔のメッシュで、7.5分毎に瞬間的な降雨分布を記録したものである。本研究では常に降雨規模を念頭に置いた解析をするため、ある程度時間的にまとまった降雨強度を基本とする方がよい。そこでこれらのデータを1時間降雨強度に変換したものを用いる。さらに、降雨場を1次元場として扱っているので、東西方向に切り出したデータを1ケースとした。図2は各 k_i に対する A_i^2 の分布を示した一例である。また図中の直線は乱流におけるKolmogorovの関係式と類似した(2)式を当てはめたものである。スペクトルは、降雨分布の乱れ強さを示すものであるので、広い範囲に一樣に降る雨(乱れの少ない雨)においては値の小さな分布となり、集

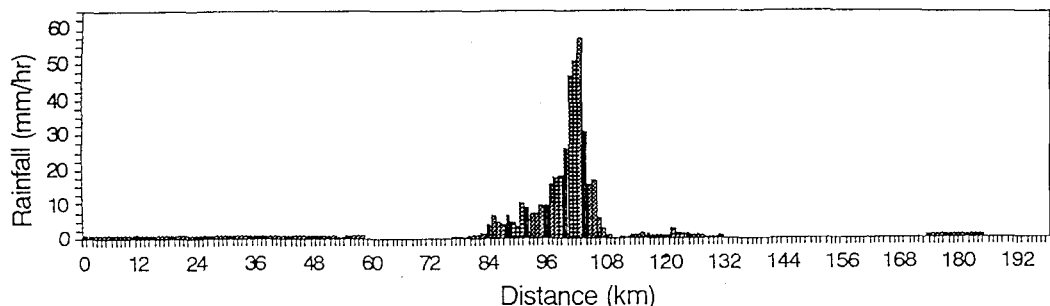


図1 気象レーダによって測定された降雨分布(1986.6.29 9:00~10:00)

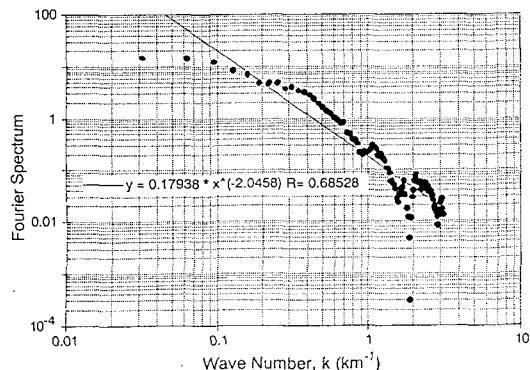


図2 スペクトル分布(1986.6.29 9:00~10:00)

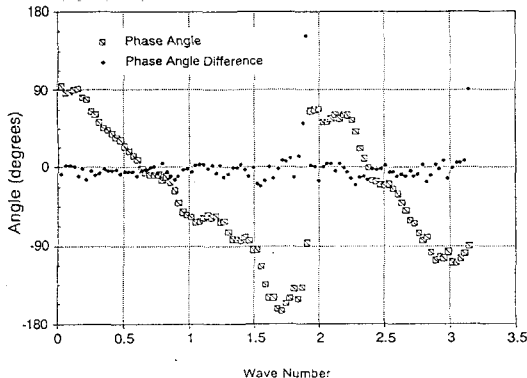


図3 位相角と位相角差の分布(1986.6.29 9:00~10:00)

$$r(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^n A_i \sin[k_i x + \theta_i]; \text{ where } k_i = \frac{i\pi x}{L} \quad (1)$$

$$A^2_i = A^2_1 (k_i)^{-\lambda} \quad (2)$$

中的な降雨の場合は値が大きく、膨らんだ分布を示す。しかし全体的には(2)式の傾向を保ちつつ直線の回りにばらついている。また図4は(2)式中のパラメータλのヒストグラムを示したものであるが、その平均値は-1.59でありKolmogorovの提案した-5/3に近い値となっている。図3は位相角 θ_i と級数の各項間の位相角差 $\Delta\theta_i = \theta_i - \theta_{i-1}$ を示したものである。 θ_i は各波成分の重ね合わせ方を規定しており、各 θ_i の相対的な分布こそが意味をもっている。つまり降雨波形の全体的な山の位置こそ θ_i によって規定されるが、他の波成分が降雨波形を増長するように重なるのか、打ち消すように重なるのかは $\Delta\theta_i$ の分布によっている。 θ_i の分布は一様降雨の場合はランダムに分布するが、明確なピークをもつ降雨については等間隔に並ぶ傾向がある。

4. 結論

本研究で得られた結果は以下のである。

- 1) 平均降雨強度は計画規模とDAD解析より決定され、降雨分布はスペクトル、位相角に依存する。
- 2) 降雨分布の特性はスペクトル、位相角の分布と密接な関係がある。
- 3) 波数とスペクトルの間にはKolmogorovの提案した-5/3乗則と同様な関係が認められる。

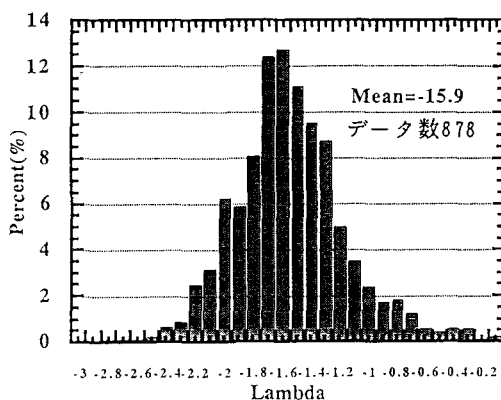


図4 5種の降雨より得られたλのヒストグラム