

## 降雨の時空間分布特性に関する研究

名古屋大学大学院 ○ 下平 晃稔  
 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

河川計画において、どのような特性を持つ降雨が流出に影響するかといった観点から降雨現象に対する様々な研究がなされ、降雨の時間分布の特性が、流出に様々な影響をもたらすことが示されている。同様に空間分布の特性も流出に影響してくるであろうと考えられるが、降雨のある空間分布が瞬間的なものであるなら、数十時間の降雨から見ればその分布は無視できるであろうし、また流出に対する影響もほとんどないといえるだろう。そのため、時間的な変化を含めた空間分布の特性を把握し、それが流出にどう影響してくるかを明らかにしていかななくてはならない。そこで本研究では、レーダー雨量計より得られた降雨場をフーリエ解析することにより空間的な特性を把握して、その時間的な変化に焦点をあててその特性を検討する。

### 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。こうした降雨現象の過程は、水蒸気や雲水が大きなスケールをもつ降雨バンドから順々に小さなスケールの降雨セルに伝達され最終的に降雨となって消散していくものと考えられる。一方、スペクトル解析による乱流現象の研究では、乱流の過程を乱れのエネルギーが長波長成分から短波長成分へ伝達され、最終的には粘性による摩擦損失として消散するというプロセスで説明しており、降雨現象の過程に類似している。よって、エネルギー Spektral がその波数の $-5/3$ 乗に比例するという、A. N. Kolmogorov の関係式を降雨場のスペクトル解析に援用できると考えられる。また、降雨分布の特性を相関関数を用いて議論している研究も数多くあり、相関の低減特性は直線的あるいは指数関数的であることが示されている。こうした事を踏まえて林(1992)は、降雨場をフーリエ解析することにより、降雨の空間的分布の基本特性を明らかにしている。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)式のように表される。ここに、 $a_0/2$ は領域(長さ $2L$ )内の平均降雨強度、 $A_1$ は振幅、 $\theta_1$ は位相角、 $k_1$ は波数である。 $A^2_1$ は各波数のフーリエスペクトルを示しており、林は乱流理論、自己相関性の両方を考慮して $A^2_1$ と波数 $k_1$ が(2)式の関係にあると提案している。ここで、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\lambda$ はパラメータであり、これらのパラメータがその降雨の空間分布の特性を表している。すなわち、 $\alpha$ は相関性を示しており、この値が小さいほど自己相関性が高い。さらに $\alpha$ がほとんど0とみなせる時、 $A^2_1$ は、波数 $k_1$ の $-\lambda$ 乗に比例する形となり、Kolmogorov の提案する乱流理論に基づいた式となる。

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

$$A_i^2 = \frac{\beta}{\alpha^2 + k_i^\lambda} \quad (2)$$

そこで本研究では、レーダー雨量計によって得られた25時間分の降雨データに関して各時間の空間分布をフーリエ解析し、フーリエスペクトル $A^2_1$ の分布から式(2)における最適パラメータ $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\lambda$ を求め、それらの時間的な変化の特性を追った。

### 3. 解析結果

今回用いた降雨データは建設省御在所レーダより得られた降雨データで、これは御在所山の山頂を中心に半径120km以内において極座標系で与えられている。これを北緯34°22'00"、東経136°00'00"を原点に南北、東西方向ともに160kmを対象範囲として2.5km×2.5kmメッシュの直交座標系に変換した。つまり、64×64個のデータが25時間分得られることになるが、現段階では1次元降雨場を考えているため、東西方向に64個のデータを1ラインとし、南北方向に64ラインあるデータを1ライン毎25時間分フーリエ解析を

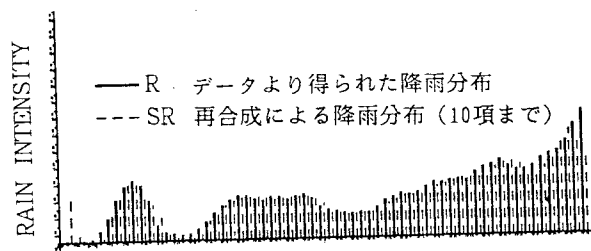


図-1 降雨分布の比較

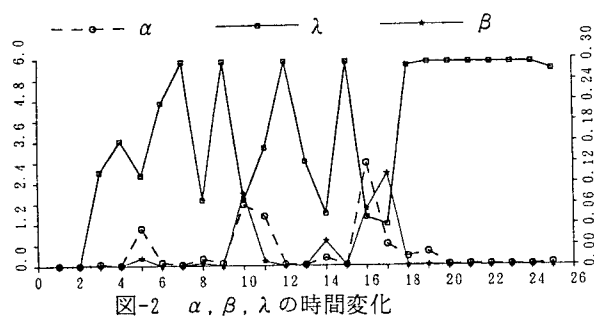
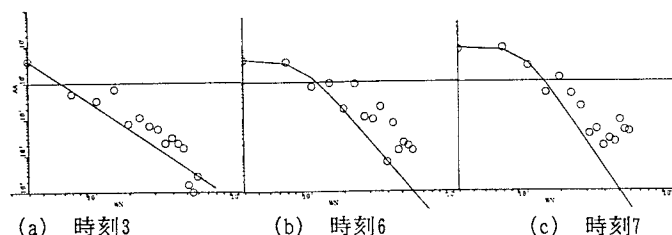
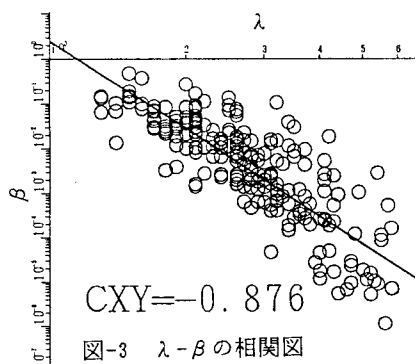
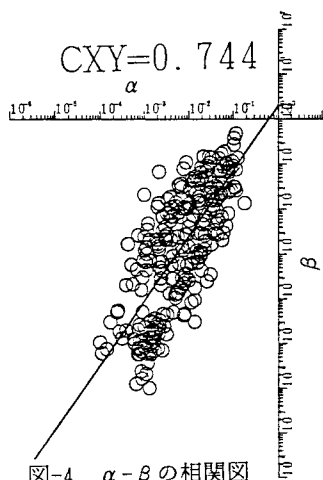
図-2  $\alpha, \beta, \lambda$  の時間変化

図-5 スペクトル分布

図-3  $\lambda - \beta$  の相関図図-4  $\alpha - \beta$  の相関図

行っている。図-1にはある時間あるラインの降雨分布とフーリエ解析し10項までの成分による再合成した降雨分布が示してある。ほとんど一致しており、フーリエスペクトルは10項まで考えれば十分であると考えられる。図-2は、1989年9月のデータを用いてスペクトル分布に(2)式をフィッティングさせて求めた $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\lambda$ の時間変化を示している。図より $\lambda$ が1~2時間で大きく変化していること、また $\alpha$ 、 $\beta$ がほとんど常に $\lambda$ と逆の動きを示していることが分かる。そこで、図-3、図-4に $\lambda - \beta$ 、 $\alpha - \beta$ の相関図を両対数表示でそれぞれ示した。cxyは相関係数である。この図より、 $\alpha$ と $\beta$ 、 $\lambda$ と $\beta$ にはそれぞれ対数をとると線形的関係があるといえる。図-2のデータの内、3時間目、6時間目、7時間目のスペクトル分布とフィッティング曲線を両対数表示で図-5(a)~(c)に示す。第1項 $A_1$ が卓越している(a)では、Kolmogorov的な関係がみられ $\alpha \approx 0.0$ である。一方、 $A_1$ に対し $A_2$ 、 $A_3$ が卓越してくると $\lambda$ が急激に大きくなる(図-5(b),(c))。  $A_2$ 、 $A_3$ の半波長は40km、23.3kmと小規模降雨バンド、あるいは降雨セルのスケールに一致しており、その寿命が1~2時間であることから $\lambda$ の時間変化は降雨バンド、降雨セルの減衰に関連してくるのではないかと考えられる。

#### 4. 結論

- 1) 降雨分布を決めるフーリエスペクトルは、およそ10項まで考慮すればよい。
- 2) 乱流理論、自己相関を考慮したスペクトル分布の式(2)における $\alpha - \beta$ 、 $\lambda - \beta$ の間には対数をとると線形的関係がある。