

31 降雨特性の解析手法について

(財)砂防・地すべり技術センター○高濱淳一郎

(財)砂防・地すべり技術センター 松村 和樹

1. はじめに

大流域における土砂処理を水系一貫で検討する場合、土砂移動現象の外力となる降雨をどのように与えるかが問題となるが、このためには降雨の時空間特性を流域全体にわたって検討する必要がある。本研究は、降雨の時空間分布の特性を相関解析によって把握することを目的としている。

日本の気象は明瞭な四季の変動に特徴付けられ、降雨は平均的には1年を周期とするサイクリックな変化を示している。降り始めから降り終わりまでの間のハイトグラフで定義される個々の降雨は1年周期のサイクリックな変化からみるとそれは無関係な、ある時間的、空間的な広がりを持った、個々の独立な降雨として捉えられる。

降雨観測所から得られるデータは、ある固定点におけるハイトグラフであり、降雨の時間・空間的スケールを表しているものではない。しかし、いくつかの観測点間のデータを解析することにより、観測点網のある範囲の降雨の空間分布の時間的变化を知ることができる。

2. 解析手法

このように、空間的に固定された点における時系列データから現象の周期性やランダムノイズの時空間スケールの変化を評価をしようとするする場合、相関解析が有効である。相関解析からみると、有限な時空間スケール個々の降雨の時系列データは、ある傾向の上に時間的・空間的に不規則な変動が加わった波形として捉えられる。この場合、降雨の時間・空間的スケールは、時間的または空間的に隔たったデータ相互の相関によって特徴付けられる。時間的にも空間的にもデータの相関がまったく認められない場合、その時系列データは白色雑音と呼ばれ、特徴的な時間・空間スケールを持たない完全に不規則な変動である。

一般に、互いに相関のあるランダムな2つの変動のこのような相関関係を定量化するためには式(1)(2)に示されるコヒーレンスとフェイズを用いている。また、 τ はフェイズを時間によって表現したものであり式(3)に示される。

$$coh^2 = coh^2(\omega) = \frac{|\sum xy(\omega)|^2}{\sum xx(\omega) \sum yy(\omega)} \quad (1)$$

$$\theta_{xy}(\omega) = \tan^{-1} \left(\frac{Q_{xy}(\omega)}{K_{xy}(\omega)} \right) \quad (2)$$

$$\tau\omega = \frac{\theta_{xy}(\omega)}{\omega} \quad (3)$$

ここに、 $Q_{xy}(\omega)$ と $K_{xy}(\omega)$ はクロススペクトル $S_{xy}(\omega)$ の複素数成分で式(4)(5)によって定義される。

$$S_{xy}(\omega) = \sum xy(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} C_{xy}(\tau) e^{-i\omega\tau} d\tau \quad (4)$$

$$S_{xy}(\omega) = \sum xy(\omega) = Kxy(\omega) - iQxy(\omega) \quad (5)$$

ここに、 i は虚数である。

コヒーレンスとは、時系列的に変化する量（ランダムノイズ）を周波数成分の集合と見なし、それぞれの量の間の分解された周波数成分毎の相互相関係数を表したものである。すなわち、各観測所で観測される個々のハイトグラフを波とみなし、その周波数成分毎に相互相関をとったものということになる。もし、いくつかの観測点において同一の降雨によるハイトグラフが記録されれば、それらの観測所間の降雨時系列に対してコヒーレンスを求めると、ある特定の周波数に対して強い相関を示すので、コヒーレンスの大小で降雨の同一性を議論できる。

また、フェイズとは二つの時系列の周波数成分毎の位相差を表すから同一の降雨に対するコヒーレンスから得られる卓越周波数に対する位相差が2箇所の観測地点間をその降雨が移動するのに要した時間と見なすことができる。すなわち、2箇所の観測地点間を通過した雨域の移動速度が推測される。

3. 解析例

ここでは以下に示す手順で降雨のモデル化を行った。

まず、降雨観測所を互いに相関の高いグループに分割する。判断基準は、ここでは、①低周波数帯（長周期成分）において相関が高く、②なおかつ、この周波数帯においてフェイズ（タイムラグ）がほぼ一定の値をとるとした。

次に、相関の高い降雨観測所群の内の一つを降雨観測所群がカバーする流域に対する代表降雨観測所とし、相関の高かった周波数成分（周波数 $1/256(1/\text{hour})$ ～コヒーレントな周波数帯の最大値）を用いて代表降雨観測所のハイトグラフをフーリエ級数展開する（すなわち、ハイトグラフの高周波成分をカットし、スムージングをかける）。このようにして得られたハイトグラフを累加雨量で正規化して対象流域の代表ハイトグラフとする（ここでいう代表ハイトグラフは、絶対値のことでなく、ハイトグラフの形のことをさす）。

次に、代表観測所と相関の高い降雨観測所のハイトグラフを累加雨量が合うように、代表ハイトグラフの引き伸ばして作成する。

（解析結果については当日、OHPを用いて説明する。）

4. おわりに

今後、解析例を増やしていくことで、相関解析結果（周波数毎のコヒーレンスとフェイズ）と実際の降雨との関係を調べ、降雨パターン（台風、前線、低気圧）毎の特性や、流域間の降雨の相互関係などについて検討を進めていくつもりである。