

II-62 台風性降雨のシミュレーションに関する研究

大阪大学工学部 正員 室田 明
同 正員 瑞野 道夫
大阪府土木部 正員 ○岩城 正之

1. まえがき

各種の水工計画において、もっとも重要な水文事象は降雨特性であり、降雨をどの程度にとらえかがその水工計画の規模を定める要因となることが多い。本研究は大阪に高潮が来襲し、水門を開闢した時の内水排除の計画をたてる基礎資料とするために行なつたものである。このため降雨の時間的変動の様相まで確率的に追究する必要があり、極めて数少ない台風性降雨資料に起因する制約を克服し、降雨の時間的変動のパターンを何らかの方法で統計処理する新たな手法が要請されることになる。以下、大阪の台風性降雨の特性を用いたモデル降雨の設定法と、大阪府寝屋川流域でのその適用と問題点について述べる。

2 台風性モデル降雨の設定法

台風性降雨をシミュレートする方法として、次の二つの方法が考えられる。

a) 力学モデルによる方法

b) 水文統計学的手法による方法

a)の方法は台風の規模を気圧、風速等によって規定し、これをモデル台風と考え、台風うずの風速分布を求め、これから雨量分布を求めようとするものである。すなわち、台風の力学的性状を明らかにし、台風1箇当りの持っている雨量を推定しようとするものである。しかしながら実際の台風時の雨は台風のうずによる降雨よりも、前線と強化したり、地形の影響を受けるものが多く、この影響まで考慮した力学モデルはその多様性からとうてい不可能に近いものとなり、こうなるとb)の方法によるを得ない。我々はこのような見地から、大正4年から昭和40年までに大阪に来襲した台風のうち、かなりの降雨のあつた37箇の資料を用いて、降雨の特性をつかみ、シミュレーションを行なうことを試みた。

3 台風と降雨の関連性

大阪に大きな高潮を起す台風は大阪の西方を通過するもので、大阪附近を通過する時の台風の速度は $40 \sim 60 \frac{km}{hr}$ におよび、この限られた時間内での降雨量はそれほど大きくない。また大阪の東側を通過する台風時には高潮は起らず、雨台風となつて言われてきた。台風の強度とその中心高度の深さ(気圧深度)で代表せしめ、気圧深度と総降雨量の関係を調べたのが図-1である。大阪に甚大な高潮災害をもたらした室戸、ジエーン、伊勢湾、オス室戸台風についてはたまたま気圧深度 ΔP と総降雨量 ΣR はほとんど一直線上に位置し、この直線を外挿して、これより上側に東側通過(図中の○印)の雨台風が、直線より下側に西側通過(図中の●印)の高潮台風の資料

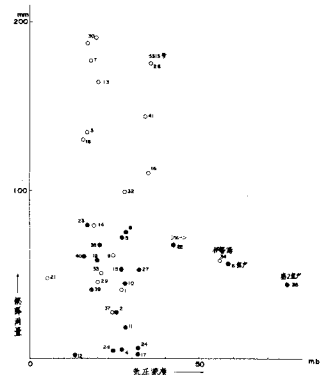


図-1 気圧深度と総降雨量

が集中していることがわがり、このような統計的整理からと前述の常識的な傾向が定量的に確認されるのである。

4. 降雨要素間の相関

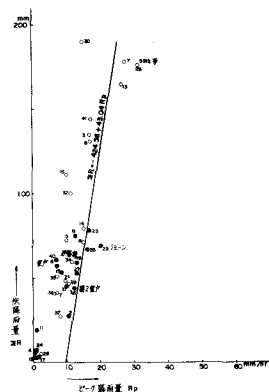
本研究で行う降雨解析は、最終的にはハイトグラフの作成にあるので、観測されたハイトグラフの特性を解析し、いくつかの降雨要素の特性および各要素相互の関係を明らかにしておく必要がある。ハイトグラフを規定する要素として、総降雨量、ピーク降雨強度、降雨継続時間の三要素を考え、これらの相関図を図一ス、図一六に示した。総降雨量とピーク降雨強度、総降雨量と降雨継続時間の相関係数はそれぞれ0.84、0.48となり、これらの相関は有意であることが確認された。

5. 降雨時系列の相関

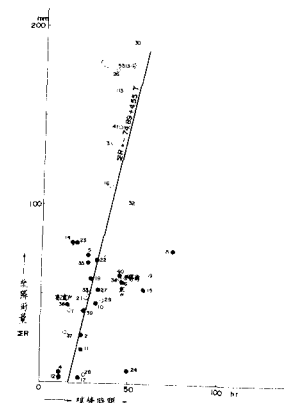
ハイトグラフの時系列特性を知るには、単位時間当りの降雨強度を解析すると同時に、時系列としてのハイトグラフの自己相関性を調べておく必要がある。すなわち、各時刻の降雨量がそれ以前の時刻の降雨量と関係せずランダムな値をとる、ということを明らかにしておくことはハイトグラフのパターンを決定する場合に重要な資料を与えることになる。この目的のためには、台風性降雨の降雨群全体の自己相関係数およびピーク前の降雨パターン、ピーク後の降雨パターンについて自己相関係数を求める必要がある。このようにして求めたコレログラムのうち代表台風による降雨のコレログラムを図一七に示した。これらの結果から時差±ス時間までの自己相関性はかなり高く、時差±ス時間の相関性を認める降雨と多いことが明らかとなった。

6. ピーク降雨強度とその前後の時間雨量の差の頻度分布

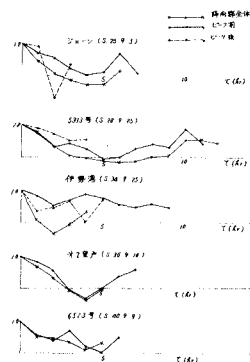
今、ピーク降雨強度を $R_p(\text{mm/hr})$ とし、 R_p が現われる時刻の1, 2, 3, …… i 時間前後の降雨強度をそれぞれ、 R_{p+1} , R_{p+2} , …… R_{p+i} とする。台風性降雨の観測ハイトグラフから、ピーク降雨強度 R_p とその前後の時間雨量の差の頻度分布は $i=1$, $i=2$, $i=3$ ……のそれぞれの場合について求められる。その結果を図一八に示す。ピーク前とピーク後の頻度分布は、各時間差について、ほとんど相似と見做されるので、ここでは各時間差について、ピーク前とピーク後の頻度分布を合成したものを採用することにした。この図によれば、時差±1時間のmodeは 4mm/hr を示し、時差±ス時間のmodeは 4mm/hr 、時差±ス時間のmodeは 6mm/hr と時差が大きくなるにつれて、当然のことながらピーク降雨強度とその時間雨量の差が大き



図一2 ピーク降雨強度と総降雨量



図一3 継続時間と総降雨量



図一4 主要台風性降雨のコレログラム

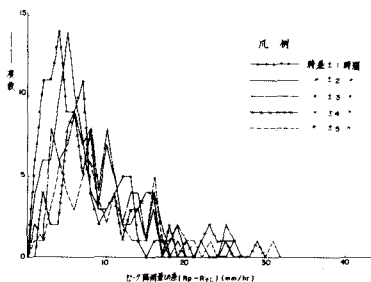


図-5 ピーク降雨強度とその前後4時間の時間雨量の差の頻度分布

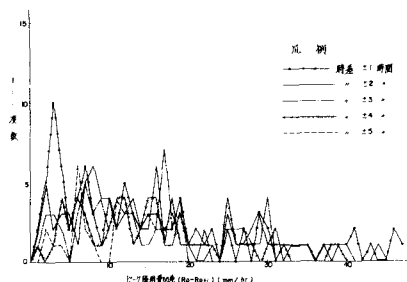


図-6 高気圧性降雨に対する図-5と同様の統計処理

くなる傾向がある。一方図-6は資料数27個の前線性降雨についての同様の頻度分布であるが、台風性降雨とかなり違った分布形をとることが分る。すなわち台風性降雨の場合、modeをとった三角形分布をとる傾向が強いが、前線性降雨の場合、明らかなmodeを持たず、ほぼ三角形分布をとるようである。

7. モデル降雨の設定と発生法

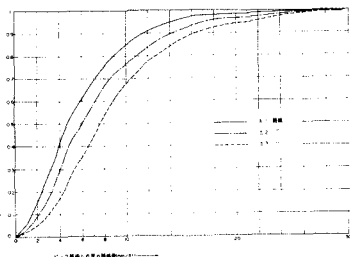


図-7 ピーク降雨強度とその前後4時間の時間雨量の差の頻度分布

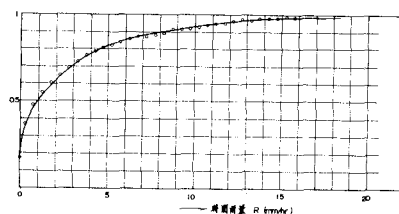


図-8 時間雨量の累積分布曲線

モデル降雨を設定する方法として、上述の降雨の母系列相関を用いる方法もあるが、本研究は内水排除用のハイドログラフ作成に着目しているため、ピーク附近の降雨を精度よくシミュレートできると思われる、上述の方法を用いることにした。まず、モデル降雨発生の手順として、高潮台風時のモデル降雨を考える。総降雨量は図-1より40~80mmの範囲内とする。降雨継続時間は図-3より最大4時間とする。上述のピーク降雨強度とその前後の時間雨量分布を使ってピークをばさんでお時間の時間雨量を規定する。すなわちこの分布を図-7のごとく累積分布の形に直し、乱数計算機により一様乱数を発生させ、これに上述の累積分布に従う降雨に変換する方法をとった。4時間以上の降雨については、ピーク降雨強度との相関は無視して差し支えないとして、台風性降雨のみならず、すべての降雨(Sample Size: 約2000個)によって得られた時間雨量の累積分布曲線(図-8参照)に従う乱数を発生させ、ピーク前後4時間以上の雨量とする。降雨時間が所定の4時間に達した

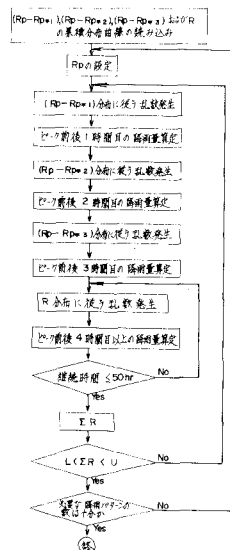


図-9 フローチャート

ならば、発生させた時間雨量の総和をとり、それが所定の40~80mmの範囲に入っている場合にはその降雨パターンを採用することにした。(図-9 フローチャート参照) 雨当風の場合、前述の総降雨量40~80mmの制約条件を除いてモデル降雨の発生をすればよい。

8、寝屋川流域への適用と問題点

7.の方法によってピーク降雨量を与えれば、それに応じたモデル降雨をいくつも発生させることができる。従ってピーク降雨量の確率評価についての考察を試みる必要がある。台風性降雨の生起時間間隔はRandomであり、年によって台風が来襲しない年であれば、2夜以上来襲する年もある。従って降雨量の確率評価は、①台風が来襲する確率を求めること。②「台風が来襲した場合」という条件の下にその台風による降雨量の頻度分布を求めることができる。すなわち、 n 年間に m 回台風が来襲した場合に②で求められる確率降雨に何年確率降雨量といった表現を用いることはできず、「 n 年に m 回の割合で台風性降雨があり、その降雨量の確率分布は……である。」という表現で降雨の確率を規定しなければならない。大阪の台風性降雨について②を求めることが一歩になる。

さて7の方法によれば、ピーク降雨量を与えることによって、降雨パターンが無数に求まるのであるが、流出解析のためにこれらのうちの1つを用いるかを

表-1 ピーク降雨強度の超過確率

超過 確 率 (%)	10	5	2	1
ピーク降雨強度(mm/hr)	19.6	23.5	27.3	32.4

求めることは困難である。というのは、いくつかの降雨パターンを発生させた時、それらの平均的モデル降雨というものも求めると意義がないからである。結局モデル降雨設定の目的によって、それらの中から、目的にかなったモデル降雨を選定するより

仕方がない。我々は今回一つのピーク降雨強度に対するモデル降雨を10個発生させ、我々の目的とする内水排除に対して最も危険と思はれるピーク附近に雨量が集中し、かつ総降雨量の制限条件の上限(80mm)に近いものをモデル降雨として採用することにした。このようにして抽出したモデル降雨に対して、現在寝屋川水系(流域面積26.26km²)の改修計画で使用している

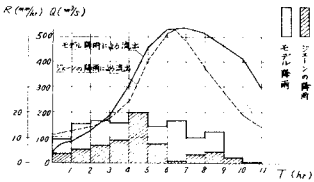


図-10 シミュレートされた降雨パターンに対するハイドログラフ

Rational式およびPuls法による流出解析の方法を用いた一例を図-10に示した。このピーク降雨強度19.6mm/hrはジェーン台風等のその値であり、シミュレートした降雨によるピーク流量は16.2m³/sとなった。なお、現在水門閉鎖時の内水排除計画にはジェーンの生の雨を使用しており、これによるピーク流量は16.2m³/sである。この方法で同一ピーク降雨強度19.6mm/hrで何回もシミュレートすることによって、ジェーン台風の雨がどのくらいの発生確率をもつものが検証できるものと思われる。

参考文献

- 1)例之は、日本気象協会関西支部「大阪湾における台風近接時の高潮と降雨の関係調査」
- 2)例之は、宮田・端野「モデル降雨による土砂輸送の確率分布の推算」第22回年次学術講演会