

日本で起こりうる最大級豪雨のDD曲線

山形大学農学部教授

桑原英夫

1. まえがき

1953年8月15日、後に「南山城豪雨」と呼ばれる、記録的な集中豪雨が京都府南部を襲った。このとき綴喜郡井手町では、町の中心部を天井川となって貫流する玉川がはんらんし、さらに、その上流にあった農業用ダム「大正池」が決壊したために、死者が100人を超える大災害が発生した。なお、「集中豪雨」という言葉は、この時、初めて使われたものと言われている¹⁾。

筆者は、かつて京都府に奉職し、この「大正池」の災害復旧事業に従事する機会を得た。以来、ダムの設計洪水流量の定め方にかかわり、日本の各地域で起こりうる最大級豪雨の姿を追求してきた。

対象地域で起こりうる最大級豪雨の規模を知ることは、ダムの安全設計だけでなく、防災計画の策定においても、起こりうる最悪の事態の想定に役立つであろう。

Boyer (1957) は、豪雨の規模を表す特性値として次の四つを挙げている²⁾。

- ① 降雨中心の最大雨量
- ② 降雨の継続時間
- ③ 降雨の雨域面積
- ④ 雨域の形

ここでは、筆者がこれまでに知り得た日本で起こりうる最大級豪雨の、①と②にかかわ

る性格の一部を紹介し、諸賢の参考に供したい。

2. 降雨強度、面積雨量、DAD解析

三題噺のような見出しを掲げたが、これらの用語の意味をご存じの方は、この章を読み飛ばして頂きたい。

(1) 雨量と降雨強度

「雨量」とは、ある時間内に地表に降った雨の量を、雨量計にたまった水の深さ (mm) で表したものである。したがって、雨量は、次の例のように、それが生じた時間・「降雨時間」とともに示さなければ意味がない。

「1982年7月の『長崎豪雨』に際し、長崎海洋气象台で観測された雨量は、23日0時から25日6時までの総雨量が572mm、最大24時間雨量は552mm、最大1時間雨量は127.5mm、最大10分間雨量は25.5mmであった」

一方、ある時間内に降った雨の強さを、1時間当たりの雨量 (mm/h) で表したものを、その時間内の「降雨強度」という。例えば、上に挙げた例での最大24時間、1時間および10分間雨量の降雨強度は次のようになる。

	雨量	降雨強度
最大24時間雨量	552.0mm	23.0mm/h
最大1時間雨量	127.5	127.5
最大10分間雨量	25.5	153.0

なお、雨量 (Depth) または降雨強度と、降雨時間 (Duration) との関係を、観測データを用いて解析することを「DD解析」といい、グラフ上で両者の関係を表す曲線を「DD曲線」、それを数式で表現したものを「DD式」という。

(2) 地点雨量と面積雨量

雨量計で観測された雨量は「地点雨量」と呼ばれる。これに対して、対象とする雨域または流域全体に降った平均雨量を「面積雨量」と呼ぶ。面積雨量は実測することができず、観測された地点雨量から推定する。

対象地域が狭い場合には、地点雨量をもって面積雨量とみなすことが多いが、一地点の雨量が代表しうる面積は、地形、対象とする降雨の性質によって異なる。一般に、地形が複雑であるほど、そして、降雨時間を短く採るほど代表面積は狭くなる。

なお、面積雨量と面積 (Area) との関係を、観測データから解析することを「DA解析」という。

(3) DAD解析

DD解析とDA解析とを併せて「DAD解析」と呼ぶ。すなわち、DAD解析とは、面積雨量が、面積の大小、降雨時間の長短と、どのような関係にあるかを解析することである。

前述の Boyer の挙げた豪雨の規模を表す特性値からも明らかのように、DAD解析は降雨の特性を総合的にとらえる手段である。

3. DD式

降雨のDD関係を表す経験式は数多く提案されている。その多くは、小流域での洪水ピーク流量の推定に用いるために、降雨時間と降

雨強度との関係を表す形で示され、「降雨強度式」と呼ばれている。それらの中で、これまで我が国でよく用いられてきたのは、定数推定が容易な次の3型式である。

タルボット (Talbot) 型

$$I = \frac{a}{t + b} \quad (1)$$

シャーマン (Sherman) 型

$$I = \frac{a}{t^c} \quad (2)$$

久野型

$$I = \frac{a}{\sqrt{t + b}} \quad (3)$$

ここに、I は降雨強度、t は降雨時間、a、b、c は定数である。

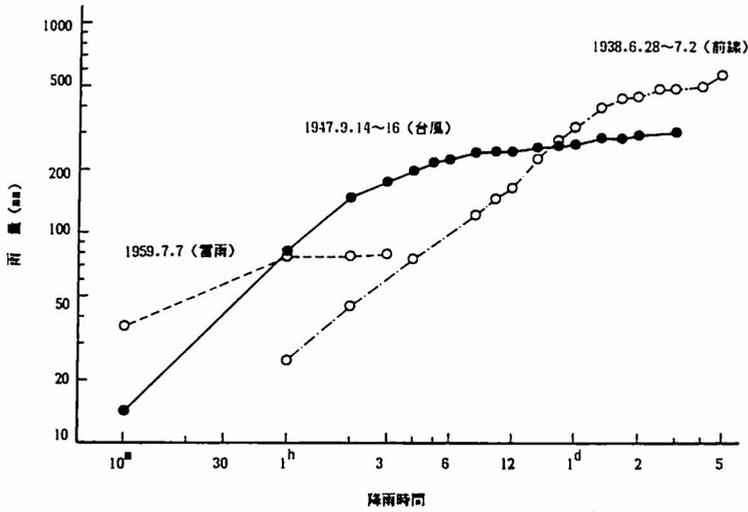
そして、高度な計算手段が利用できるようになった現在、上記の3型式を包含する「3定数型一般式」と呼ばれる次式の有用性が提唱されている³⁾。

$$I = \frac{a}{t^c + b} \quad (4)$$

一方、降雨時間と雨量との関係を表す「雨量式」があり、降雨強度式と併せて「DD式」と呼ぶ。両型式の相互の変換は簡単であるから、以下、本文では雨量式について話を進める。

ところで、DD式は、対象地域における、指定された降雨時間内の最大雨量を求めるための式であって、ひと雨のDD関係を表すものではない。

例えば、図-1に示すように、水戸地方気象台における、10分から5日間までの各降雨時間の最大雨量は、三つの降雨の観測値から成っている。まさに、「強雨必ずしも豪雨でなく、豪雨必ずしも強雨でない」⁴⁾。



図一 地点最大DDグラフの成り立ち「水戸」

なお、図一のように、降雨時間とその最大地点雨量観測値との関係に対数方眼紙にプロットしたものを「DDグラフ」と呼ぶことにする。

4. 最大可能降水量

(1) 最大可能降水量の定義

対象地域において、物理的に起こり得ると考えられる最大の降水量を「最大可能降水量」という。しかし、豪雨の機構や降水の生成過程に関する気象学の知識は、今日なお、最大可能降水量を的確に把握できる段階に至っていない。そこで実際には、水文学的手法、統計学的手法等、さまざまな方法で推定される近似値をも最大可能降水量と呼んでいる。

したがって、「起こりうる最大級豪雨」の雨量は、最大可能降水量と同義である。

(2) 最大可能降水量の推定法

高い安全性が要求されるダムの設計洪水流量は、ダム地点で起こりうる技術的に判断される最大規模の洪水が基準となる。しかし、これを推定する決定的な方法がないために、

これまで様々な便法が採られてきた。

最大可能降水量の推定方法を、このようなダムの設計洪水流量の推定方法に則して言えば、最も古くから用いられてきたのは「既往最大」値を採ることである。「記録は破られるために存在する」という言葉どおり、これが不十分な方法であることは言うまでもない。

次に登場したのが、「確率」の概念の応用である。我が国でこの方法が用いられるようになったのは1950年ころからであるが、解析手法そのものに残されている問題はほとんどない。問題は、解析に用いるデータ、特にその資料年数と、解析結果の解釈である。すなわち、たかだか数十年程度の雨量観測データを用いて100年、200年に一回起こるような雨量を推定しても、その信頼性は低い。まして、起こりうる最大雨量を推定することなど、ほとんど不可能である。

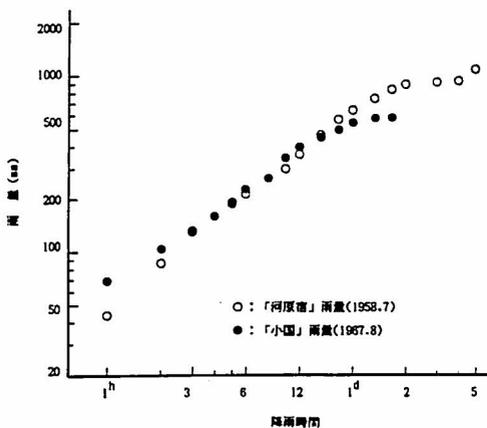
一例を挙げよう。1967年8月、新潟県北部と山形県南部の各地に大きな災害をもたらした「羽越豪雨」に際し、山形県の「小国」で

532mmという日雨量が観測された。「小国」には1906年からの日雨量観測値があるので、1966年まで61年間のデータを用いて岩井法⁵⁾で確率雨量を計算すると、532mmの再現期間は15,000年となる。つまり、「小国」において、日雨量532mmは、既住の観測値からは予想できない「異常豪雨」であった。

ところで、この「小国」雨量のDDグラフは、図一2の黒丸のようにになる。一方、「小国」の北方約120kmに位置する「鳥海山・河原宿」(標高約1,500m)で、1958年7月27日から31日にかけて、図中に白丸で示したような雨量が観測されている。両者の3時間から十数時間までのDD関係はほとんど一致している。

「河原宿」は、周囲に比べて、際立って大雨のよく起こる場所である。その様な場所で観測された雨量が、大雨のあまり起こらない所でも起こりうる。起これば、それが「異常豪雨」と呼ばれる。

このように、最大可能降水量の推定には、対象地域を含むかなり広い地域で観測された最大雨量、言わば、「地域最大」値に基づく



図一2 DDグラフの比較

DD解析が有効である。

例えば、1950年に Jennings が発表した「世界の最大地点雨量観測値」⁶⁾を、対数方眼紙にプロットすると図一3の白丸のようになる。同じ年、Fletcher は、この観測値の包絡線として、次式を示した⁷⁾。

$$R = 363 \sqrt{t} \quad (5)$$

ここに、Rは降雨時間 t (h) に対する最大地点雨量 (mm) である。

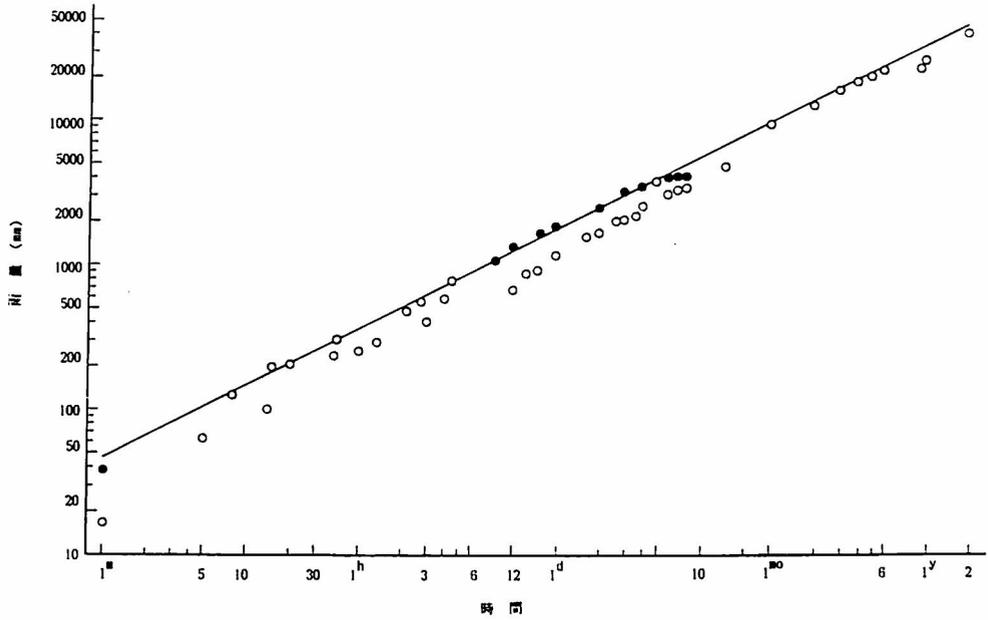
この式の表す曲線を図中に示したが、各観測値をこれと比較すると、5日間雨量を除き、12時間から8日間までの観測値はひどく落ち込んでおり、Fletcher 曲線は大胆過ぎるように思われた。ところが、落ち込んでいた観測値は、その後次々に更新された。図中の黒丸は、1970年までに更新された観測値である。このように、最大可能降水量の推定には、既往最大観測値の包絡線を用いることが有効である。また、包絡線の予測としての妥当性は、解析を行った時点での観測値との適合の良否だけでは判断できない⁸⁾。

5. 日本の地域最大地点雨量観測値

対象地域における最大可能降水量の推定には、既往最大観測値の包絡線を用いることが有効であるとしたが、その際、地域の採り方が大きな問題になる。

そこで筆者は、全国を75地域に区分し、地域最大地点雨量のDD特性に基づく地域区分を検討した。その結果、現段階では、日本列島を次の三地域に区分するのがよいと考えるに至った。

- ① I 地域：南西諸島および九州全域を含む南海地方
- ② II 地域：I およびIII 地域を除いた地域



図一3 世界の最大地点雨量観測値と Fletcher 曲線

表一1 地域最大地点雨量観測値

時間	① I 地域			② II 地域			③ III 地域		
	雨量	観測地点	観測年月	雨量	観測地点	観測年月	雨量	観測地点	観測年月
1h	187	長与町(長崎県)	1982. 7.	164	赤羽根(愛知県)	1966.10.	80	岩見沢(空知支庁)	1967. 8.
2	286	外海町(長崎県)	1982. 7.	243	登別(胆振支庁)	1983. 9.	124	奥尻(檜山支庁)	1981. 9.
3	377	西郷(長崎県)	1957. 7.	346	権現山(岐阜県)	1956. 8.	167	〃	〃
4	467	〃	〃	405	登別(胆振支庁)	1983. 9.	196	〃	〃
5	575	〃	〃	501	権現山(岐阜県)	1956. 8.	232	〃	〃
6	647	〃	〃	546	〃	〃	259	〃	〃
8	742	〃	〃	593	〃	〃	282	〃	〃
10	845	〃	〃	612	〃	〃	290	〃	〃
12	-	〃	〃	633	湯ヶ島(静岡県)	1958. 9.	315	支笏湖畔	1970. 9.
13	1005	〃	〃	-	〃	〃	-	(石狩支庁)	〃
16	1053	〃	〃	777	本戸(福井県)	1965. 9.	350	〃	〃
20	1101	〃	〃	918	杉原(岐阜県)	1965. 9.	406	宇登呂(網走支庁)	1981. 8.
24	1138	日早(徳島県)	1976. 9.	988	〃	〃	435	目黒(日高支庁)	1953. 7.
32	1286	〃	〃	1056	〃	〃	456	中札白(日高支庁)	1981. 7.
40	1538	〃	〃	1086	〃	〃	484	〃	〃
48	1692	〃	〃	1147	瀧山(香川県)	1976. 9.	519	目黒(日高支庁)	1953. 7.
72	2237	〃	〃	1340	〃	〃	558	〃	〃
96	2576	〃	〃	1586	上猿田(愛媛県)	1976. 9.	〃	〃	〃
120	2711	〃	〃	1734	〃	〃	〃	〃	〃

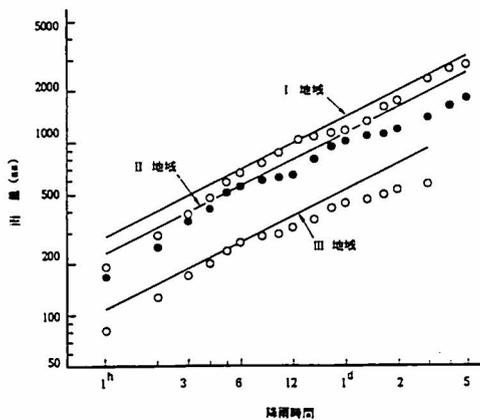


図-4 地域最大DDグラフとその包絡線

③ III地域：胆振および渡島地方を除いた北海道全域

表一1は、上記3地域の、1985年末現在の地域最大地点雨量観測値をまとめたものである。また、それぞれのDDグラフを図-4に示した。

6. 日本で起こりうる最大級豪雨のDD曲線

地域最大地点雨量の包絡線を考える上で、先に示した「世界最大の地点雨量観測値とその包絡線」は、

1) 包絡線はシャーマン型式、しかも、雨量が降雨時間の平方根に比例するという単純なDD式で近似できる。

2) 包絡線の予測としての妥当性は、観測値との適合の良否だけでは判断できない。等々、様々な示唆を与えてくれる。

ところで、図-4に示した日本の地域最大地点雨量のDDグラフは、世界のそれに比べて直線性が悪い。しかし、資料年数が増えるに従って、DDグラフは平滑になり、直線性が高くなる傾向が認められる。さらに、次の理由により、我が国の短時間雨量の極値は、過小に表現されている可能性が高い⁹⁾。

1) 我が国における短時間雨量の観測は、日雨量の場合に比べて、観測年数も観測地点数も格段に少なかった。

2) 記録的な短時間雨量をもたらす強雨の雨域は極めて狭く、そのような強雨域、特に雨域の中心雨量が目の粗い観測網に捕捉される機会は極めて少ない。

3) 我が国で用いられている自記雨量計は、著しい強雨にまで対応できるように設計されていない。

そこで、日本の地域最大地点雨量の包絡線も、雨量が降雨時間の平方根に比例するとした単純なDD式で表現すると次のようになる。

$$\text{I 地域： } R = 279 \sqrt{t} \quad (6)$$

$$\text{II 地域： } R = 224 \sqrt{t} \quad (7)$$

$$\text{III 地域： } R = 106 \sqrt{t} \quad (8)$$

ここに、Rは降雨時間t(h)に対する最大地点雨量(mm)である。

それぞれの式の表す曲線を、図-4に示した。これらをもって、日本の各地域で起こりうる最大級豪雨のDD曲線としたい。

7. 結び

以上、豪雨・強雨にかかわる問題を考える上で参考となる基本的事項を述べ、日本の各地域で起こりうる最大級豪雨のDD曲線を示した。

ここで、この研究の遂行過程で得た様々な教訓の中から、次の二つを紹介して結びとする。

「大雨の起こり易い場所を指摘することはできる。しかし、起こらない場所を示すことはできない」

「好ましくない現実、まして、好ましくな

い想定を、人はなかなか認めたがらない」

参考文献

- 1) 日本放送協会：NHK最新気象用語ハンドブック，日本放送出版協会，P.92，1986
- 2) Boyer, M.C. : A Correlation of the Characteristics of Great Storm, Trans. AGU, 38-2, pp.233-236, 1957
- 3) 田中礼次郎・角屋 睦：降雨強度式に関する研究，農業土木学会論文集，83，pp.1-8，1979
- 4) 齊藤錬一：降水量の統計的考察，資源調査会資料 49・雨量の観測と予報，pp.20-43，1956
- 5) 岩井重久・石黒政儀：応用水文統計学，森北出版，1970
- 6) Jennings, A.H. : World's Greatest Observed Point Rainfalls, Monthly Weather Review, Jan. 1950, pp.4-5
- 7) Fletcher, R.D. : A Relation between Maximum Observed Point and Areal Rainfall Values, Trans. AGU, 31, pp.344-348, 1950
- 8) 桑原英夫：日本における降雨時間別最大雨量観測値と起こりうる最大級豪雨の降雨強度曲線，農業土木学会誌，47-7，pp.505-510，1979
- 9) 桑原英夫：日本で起こりうる最大短時間雨量について，天気，29-7，pp.37-45，1982

