【討議・回答】

椎葉充晴 共著
立川康人

「総合確率法の数学的解釈」への討議・回答

DISCUSSION/CLOSURE “MATHEMATICAL ASPECT OF SYNTHESIS PROBABILITY METHOD
TO DETERMINE DESIGN FLOOD”

(土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 69, No. 2, pp. 101-104 2013 年 8 月掲載)

▶ 討議者 (Discussion) 北野利一 (名古屋工業大学)・高橋倫也 (神戸大学)・田中茂信 (京都大学)
Toshikazu KITANO, Rinya TAKAHASHI and Shigenobu TANAKA

1. 総合確率法の経緯と残されている課題

総合確率法は、河川の治水計画に確率を導入する当時に提案されたようである。しかし、概念的で現実と乖離する懸念があると考えられたため、総合確率法そのものの枠組みは、淀川の治水計画には適用されなかった⁵⁾。ただし、総合確率法で検討されたアイデアの幾つかは、1971年に改訂された淀川の計画に部分的に採用され、今日では、多くの河川整備計画に用いられる手法となるに至っている。しかし、その際に取り入れられたアイデアの1つであるカバー率が、近年の河川整備基本方針の案をめぐって、議論の焦点の1つになっている⁶⁾。「カバー率は60~90%、引き伸ばし率は2倍まで」という目安は、それぞれにあるものの、その扱いは恣意的とみなされることがある。

以上のような紆余曲折のある経緯のためか、椎葉・立川⁷⁾が指摘するとおり、総合確率法そのものの数学的な導出を与える原著論文が無いようである。そこで、利根川の河川整備基本方針¹⁾で適用されている実績を踏まえ、我が国の多くの河川で慣用されてきた手法を見直す可能性を探るためにも、総合確率法の数学的な根拠を論じることは意義深い。

総合確率法は、式(12)に示されるとおり、1つのピーク流量 Q_p に対して、複数の降雨パターン ξ_i を用い、それぞれの降雨量 R_i に対する確率の算術平均により、確率 $F_{Q_p \max}(Q_p \max)$ を求める。椎葉・立川は、その根拠が式(9)にあることを明らかにしている。これに対し、カバー率を用いる方法は、再現期間を与えて定まる1つの確率降雨量 R に対し、順次、降雨パターンに応じたピーク流量を求める。両者の違いについて、図-3に□や■印を描くことで明確にし、カバー率を用いる方法に改善の余地が残っていることを彼らは言外にほのめかしている。

討議者らは、大筋としては、椎葉・立川の主張に賛成する立場であるが、彼らの示す数学的解釈だけで終わらせるのではなく、カバー率や引き伸ばし率の問題点や、当時の淀川の治水計画に総合確率法が適用されなかった理由についても検討したいと考えている。そし

て、より積極的に総合確率法を活用するためには、彼らの数学的解釈を土台に、まだ改良できる点があることを示したい。そのためには、椎葉・立川の論文における4つの仮定は、その妥当性をあえて議論しないと断っているものの、その吟味も必要となる。これらの点について、著者らの意見を賜りたく、討議を提出した次第である。なお、数式、図の番号および参考文献は、読者の混乱や煩わしさを避けるため、椎葉・立川の論文からの連番とする。

2. 超過確率に代わる生起率関数の導入

(1) 総合確率法が概念的とみなされる点

降雨パターン ξ_i は、降雨の発生毎の降雨量(図-1の事象発生毎の R_i)に基づくものである。結果となるピーク流量に対する確率を、原因である降雨に遡って検討する際に、個々の降雨パターンに応じて検討している点だが、総合確率法の本質であると考え、それゆえに、降雨量は、年最大値の確率分布ではなく、極大値(事象発生毎の値)の確率分布で議論されるべきである。したがって、図-2における極大値の確率分布を用いて説明されているとおり、式(6)により、降雨量 $R_{i=1-N}$ となる洪水事象が発生したときのピーク流量 Q_p の確率分布を求めることに、総合確率法の原点があると理解する。

しかしながら、椎葉・立川の4.では、降雨量およびピーク流量ともに年最大値分布に変換した議論をしている。特に、図-3で示される概念図では、降雨の発生毎に決まる降雨パターン ξ_i が描かれているにもかかわらず、その縦および横軸は、年最大値 $Q_p \max$ および $R_{\max}$ である。その結果、式(9)の洪水ピーク流量の年最大値 $Q_p \max$ の分布関数を誘導し、実務に用いる計算式として、式(12)の近似式を得ている。結果の確率は、その複数の原因の確率の算術平均で得られるものとして、分かり易い解釈を与えている点に式(12)の特徴がある。しかし、式(9)および(12)は、総合確率法の原点である極大値の確率ではなく、年最大値に対する確率を用いている。

大町⁵⁾が指摘する「総合確率法が概念的で、具体的

にイメージすることが困難」となる原因の1つは、式(12)で確率を合成する際に、得られるピーク流量に応じたハイドログラフを1つのものとして提示できない(複数のグラフを1つに合成することは無意味となる)ことであるが、上述のとおり、年最大値分布による確率を用いる点にもあると討議者らは考えている。

(2) 実績降雨の抽出に用いる閾値を表示しない利点

年最大値分布を用いて、式(9)および式(12)が導かれていることは、椎葉・立川により意図されたものと考ええる。なぜなら、実績降雨を抽出するための閾値が明示的に数式に現れる点が、極大値分布を用いた議論を複雑にし、河川計画の実務では、年最大値分布で考えることが基本となっていることを配慮したためであると考ええる。しかし、総合確率法の本質が降雨の各イベントにあるゆえ、**仮定4)**に記される通り、洪水を生じさせるピーク流量に閾値が必要であるとともに、特定の降雨量を超える降雨パターンを抽出するためには、降雨量に閾値を設けるのが不可避である。それ故に、実績降雨の抽出に用いられる閾値をあえて表示していないことを認識しておく必要がある。また、計画降雨の超過確率を扱う際には、計画降雨そのものが閾値となることから、両者の閾値の扱い方を統一するのがよい。

外力の規模 y (本論では、総降雨量 R) を越える外力が1年間に来襲する割合を示す生起率関数 $\lambda(y, \theta_1)$ を次式に示すように導入し、総合確率法の解釈を再構築することを討議者は提案する。

$$\lambda(y, \theta_1) = \exp \left\{ -\frac{1}{\xi} \log \left(1 + \xi \frac{y - \mu_1}{\sigma_1} \right) \right\} \quad (15)$$

ここで、 μ_1, σ_1, ξ のパラメータを1組にして θ_1 と表示している。年間来襲数の確率分布を、平均来襲数を $\lambda(y, \theta_1)$ とするポアソン分布で与えれば、規模 y を越える外力が来襲しない確率は、

$$F_1(y) = \frac{\lambda^k(y, \theta_1)}{k!} e^{-\lambda(y, \theta_1)} \Big|_{k=0} = e^{-\lambda(y, \theta_1)} \quad (16)$$

となる(式(2)の導出と同じ)。これは、年最大値 y の累積確率分布関数を表し、式(15)の生起率関数 $\lambda(y, \theta_1)$ を代入すれば、一般化極値分布となる⁸⁾。その結果、 μ_1, σ_1, ξ は、年最大値分布の位置、尺度および形状母数に相当することがわかる。

仮定4)で定義され、式(4)、(6)および(8)で用いられる降雨量 R の極大値分布 G_R は、式(15)の生起率関数 $\lambda(y, \theta_1)$ を用いれば、次式で与えられる。

$$1 - G_R(R) = \frac{\lambda(y, \theta_1)}{\lambda(u, \theta_1)} \Big|_{y=R} = \left(1 + \xi \frac{y - u}{\sigma_u} \right)^{-1/\xi} \Big|_{y=R} \quad (17)$$

ここで、 $\lambda(u, \theta_1)$ は、閾値 u を越える降雨量の年間生起数の期待値であり、椎葉・立川における μT_y に相当する(式(4)を参照)。すなわち、実績降雨の抽出に用いる閾値 u に対しても、式(15)の生起率が適用できるた

め、別の記号 μT_y を使わずに、その扱い方が統一できたことになる。なお、式(17)にて、

$$\sigma_u = \sigma_1 + \xi(u - \mu_1) \quad (18)$$

であり、極大値分布 G_R は、一般化パレート分布に相当する。したがって、分布関数 G_R には閾値 u が陽に現れているが、生起率関数 $\lambda(y, \theta_1)$ には、閾値 u が陽に含まれていない。これは、式(16)に示すとおり、年最大値分布に閾値が含まれないことと同じ理由による。ただし、確率は1より大きな値をとることができないのに対し、生起率は1以上の値をとることができる。すなわち、年間の複数回のイベントの生起を認めている点が異なる。したがって、個々の極大降雨を扱うことを本質とする総合確率法を構築する上では、式(15)の生起率関数 $\lambda(y, \theta_1)$ を用いることが望ましいと考える。

(3) 近似の必要のない解釈可能な関係式

累積確率と生起率の関係が式(16)となることから、 Q_p を超えるピーク流量の年間生起率 $\bar{\lambda}_1(Q_p)$ は、

$$\bar{\lambda}_1(Q_p) = \sum_{i=1}^N p_i \lambda(y, \theta_1) \Big|_{y=R_i(Q_p)} \quad (19)$$

と求めることができる。これは、式(5)および(6)の両辺に μT_y を掛けたものに相当する。また、重み p_i が重要な役割を果たすことは3.で論じる。

椎葉・立川が示した式(11)および(12)の欠点に、近似式ゆえのもどかしさがあるのに対し、式(19)には一切の近似が無く、「結果の生起率は、原因の生起率の重み付き算術平均で得られる」と解釈できる。これに加えて、前節で述べた通り、最大値分布による式(11)および(12)と同様、閾値が陽に含まれない簡潔な表現となる利点がある。なぜなら、極大値の確率分布 G_R は、式(17)を見るとおり、閾値を陽に含むため、数学的な取扱いが煩雑になる点で、応用上の不利があるからだ。

生起率関数 $\lambda(y, \theta_1)$ を用いる利点は、年最大値分布および極大値分布のいずれを用いても生じる欠点を取り除くことにある。総合確率法について、端的に言えば、椎葉・立川による数学的解釈は、**図-2**から**図-3**に変換することを説明していると言える。今日の河川整備計画が年最大値に対する確率分布を基礎とするゆえ、それは当然のことである。しかしながら、確率分布ではなくて、生起率を基礎とすれば、**図-4**に示すように、極大値をとる降雨イベント毎に、降雨量の生起率とピーク流量の生起率の関係を検討できるということが、討議者の提案である(**図-2**の縦軸および横軸に付与されている確率密度関数の代わりに、**図-4**では、両軸に生起率を付している点で異なる。降雨パターンの●印が実績降雨を表し、線の細太や線種については後述する)。

以上から、ピーク流量 Q_p の平均生起率は、式(19)を用いて算出することを討議者らは奨める。もし、そ

図-4 総降雨が R を超える生起率 $\lambda(R, \theta_1)$ と洪水ピーク流量が Q_p を超える生起率 $\tilde{\lambda}_1(Q_p)$ の関係

の年最大値分布 $F_{Q_p \max}(Q_p)$ が必要ならば、次式に代入することにより、直ちに得られる。

$$F_{Q_p \max}(Q_p) = \exp\{-\tilde{\lambda}_1(Q_p)\} \quad (20)$$

3. 引き伸ばし率とカバー率の問題

(1) 短期集中型降雨の外挿による影響

洪水のピーク流量に対する外挿の限界を、2種類で取扱っていると考え、1つめの限界を、実績降雨が計画降雨になるように引き伸ばす倍率(引き伸ばし率)に与える。一般に、降雨継続時間を固定して、時間雨量を引延ばす。それゆえに、引き伸ばされた時間雨量のピークが非現実的な値をとるならば、目安の倍率未満で打ち切る必要はある。2つめの限界を、基本高水として定めるピーク流量 Q が、全ての降雨パターン $\xi_{i=1 \sim N}$ から得られるピーク流量 $Q_i(R_{\max T})$ (椎葉・立川の図-3の□印を参照)の幾つを上回るものであるかを示す割合(カバー率)に用いる。なお、カバー率における分母の数の取り方が曖昧に扱われているようにも思う。すなわち、引き伸ばし率で限界を超えたものを除外した降雨パターンに対する割合として、カバー率を求めている場合もあると考える(カバー率100%となる場合の多くは、このような扱いになっているのではなかろうか?)。教科書⁹⁾の説明文には、分母の n には、引き伸ばし率2以上の豪雨も含まれていることは明記されているが、フローチャートの流れを見ると、「引き伸ばし率2倍程度以下」の後に「カバー率50%程度以上」がある。それゆえに、分母の数の数え方に誤解が生じるように思う(ただし、平成17年の河川砂防技術基準¹⁰⁾では、カバー率の用語は消えていることを注意する)。

カバー率は充足率ともよばれ、計画規模の安全度を高めるために用いるとされている。また、降雨量の割にピーク流量が大きくなる短期集中型降雨(たとえば、図-4における ξ_1 のことである)が引き伸ばされるために生じる不自然さを取り除くための割合とも言える。しかしながら、その限界となる数値の選び方が恣意的

であると指摘される仕組みになっていることが、カバー率を用いる方法の問題である。

総合確率法も、短期集中型降雨パターンの影響から免れないであろう。式(12)の確率の算術平均において、椎葉・立川では、各々の降雨パターンが等しく生起すると仮定し、 $p_i = 1/N$ と与えている。短期集中型降雨パターンに引っ張られ、ピーク流量の超過確率が過大評価される傾向を否定できない。

総数 N 個の降雨パターンではあるが、実績降雨から求められる流出流量はそれぞれ異なる。したがって、ある1つの流量に限定した時に、各々の降雨パターンが等しい割合で、降雨パターンが割り付けられるのは不合理と考える。そこで、流量 Q_p と降雨パターン ξ_i に応じて変化するように、式(19)に含まれる重み p_i を与えることを提案する。図-4は、実績降雨(●印)の周辺で重みが大きく、それから離れるにつれて低下し、降雨パターン ξ_i の線種が太-細-破線の順で、重み p_i が低下するイメージを表している。しかし、そう考えると、各々の降雨パターン ξ_i における降雨量 R_i に応じた重みをどのように与えるか? という問題が新たに生じる。

実績降雨から離れる(近づく)につれ、その降雨パターンの重要度が低く(高く)なるという性質は、交通計画で用いられる重力モデル¹¹⁾のようなものと考え、人もいるかもしれない。ゾーン i で発生する交通量 G_i とゾーン j に集中する交通量 A_j に対し、ゾーン間の距離 d_{ij} に応じて分布交通量 T_{ij} を次式のように定めるといえるものである。

$$T_{ij} = k \frac{G_i^\alpha A_j^\beta}{d_{ij}^\gamma} \quad (21)$$

ここで、 α, β, γ および k はパラメータである。分母はゾーン間の距離抵抗を表し、ベキ乗型だけでなく、指数関数型やガンマ関数型が提案されている。例えば、 d_{ij} に実績降雨の生起率と計画降雨の生起率の比の対数を、 G_i および A_j に実績降雨と計画降雨の重要度を、それぞれ与えて得られる T_{ij} を重み p_i と考えることも可能かもしれない。しかし、 G_i および A_j に代入する重要度をどう決めるか? パラメータ α, β, γ および k をどう決めるか? 決めるべきものの数が多い。このような扱いは恣意的かつ便宜的にならざるを得ず、大きな問題を残す。

(2) 経験度の利用

極値統計解析による外挿の限界を検討するため、経験度という概念が導入され¹²⁾、水工学分野でも応用されつつある(例えば8)。外挿によって推定される値に対し、その推定に用いた実質的なデータ数を示すものとして、経験度の値が算出される。経験度の最大値は、実績降雨のデータ数そのものであり、実績降雨から引き伸ば

して、外挿された降雨量の対しては、生起率の低下とともに、経験度も低下する。

式(19)を用いて得られる確率流量 Q_p の推定誤差も検討すべきと考えるなら、式(19)に現れる重み p_i はデータ数に相当する量で与えられるべきと考える。なぜなら、数理統計学は、次式で表されるように、標本平均の分散がデータ数 n に逆比例することを基礎に構築されているからである ($X_{i=1\sim n}$ を独立な確率変数、 V は分散を表し、例えば、大数の弱法則は、次式より導かれるのが一般的である)。

$$V\left(\sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n}\right) = \frac{V(X_1)}{n} \quad (22)$$

したがって、推定に用いた実質的なデータ数を示す経験度を使って、重み p_i を与えられるならば、確率流量 Q_p の推定誤差を検討するには都合がよいと考える。重み p_i の具体的な与え方や確率流量 Q_p の推定誤差（あるいは信頼区間）の求め方については、討議の紙面に制約があるため、別の機会に論じたい。

(3) 残された問題の解消と新たに生じる問題

仮定 1) に述べられている、総雨量の生起分布と降雨パターンの選択の独立性が成り立たなければ、総合確率法の根拠を失う重大な問題点と考える。当時の淀川の治水計画に、総合確率法そのものが適用されなかった主原因はここにあると考える。その代わりに、淀川の治水計画で実際に導入され、現在、多くの河川で慣用的に用いられる方法は、原因を1つに限定し、原因の確率を「平均」しない。これは、独立性の仮定を避けたためと考える。

雨量と降雨パターンの組合せにおける独立性の問題は、流量を条件として選択される降雨パターンの機会の均一性にあると言える。それゆえに、前節で提案するとおり、各々の降雨パターンに、実績に応じた重みを付けて平均すれば、この問題点は回避できたことになる。重みを与えることにより、総雨量と降雨パターンを独立に組合わせることなく、対象とする計画降雨に対して、実績の関係を援用する方法で、降雨パターンを関連づけたと解釈できるからである。**仮定 3)** で述べられている、降雨パターン ξ_i が生起する確率 p_i は実績降雨に対するものであり、式(19)で用いる重み p_i は計画降雨に対するものである点が、全く異なる。流出流量 Q_p に対する計画降雨量 R_i に重み p_i は依存しているのである。

単純な平均ではなく、重み付き平均である点で、さらに概念的という批判もあるかもしれない。結果の確率を求めるために、複数の原因の確率に遡ることを本質とする総合確率法には、「平均」の概念は避けられない。そもそも外挿により計画外力を検討するためには、概念的にならざるをえない。既往最大の1.1倍で計画

外力を考えることが単純明解であるという意見¹³⁾もあるが、これも実績を引き伸ばす手法の1つである限り、なんらかの概念を用いた根拠の提示から免れてもよいはずは無い。

仮定 2) で約束されるピーク流量に対する総降雨量の単調増加性は、確率分布の定義として、流量 Q_p の累積確率が単調に増加する条件を満足させるために設けていると討議者は考えている。ただし、その保証は、流量 Q_p が変化しても重み p_i が一定となる場合に限る。式(19)において、確率流量 Q_p とともに重み p_i が変化すると、生起率 $\lambda_1(Q_p)$ が単調減少（累積確率 $F_{Q_p, \max}(Q_p)$ が単調増加）しない可能性がある。具体的に計算すれば、ある流量以上の生起率で、その新たな問題が生じるかもしれない。

計画規模の洪水ピーク流量を、原因となる降雨に遡って、水理学的な流出計算と生起確率を融合させて求めること自体が工学的な都合であり、その論理のどこかで破綻を招いても不思議はないと考える。むしろ、そのようなことを明示的に示せることも、それがどこまで適用できる論理であるかを第三者に公平に示す根拠になるのではないだろうか？ 討議の紙面の制約ゆえ、その詳細は別の機会に譲る。

討議の結論として、総合確率法による確率流量 Q_p の算定には、利根川の治水計画で用いられている式(12)を発展させ、生起率の重み平均で表される式(19)を用いるのが良いと考える。また、その際に必ずしも等重みを前提としないことに重要な意味がある。これらの点について、著者の意見を求めたい。

参考文献

- 大町利勝：計画洪水流量決定手法に関する一考察，水文・水資源学会誌，Vol. 17, No. 2, pp. 170-179, 2004.
- 大熊 孝：ダム論争の焦点 脱ダムに阻む「基本高水」一さまよい続ける日本の治水計画，世界，岩波書店，No. 731, pp. 123-131, 2004.
- 椎葉充晴，立川康人：総合確率法の数学的解釈，土木学会論文集 B1 (水工学)，Vol. 69, No. 2, pp. 101-104, 2013.
- 北野利一，高橋倫也，田中茂信：降水量の極値の予測区間～確率降水量の信頼区間を誤解していませんか？，土木学会論文集 B1 (水工学)，Vol. 69, No. 4, pp. L271-L276, 2013.
- 高橋 裕：新版 河川工学，東京大学出版会，318p., 2008.
- 国土交通省河川局監修：国土交通省河川砂防技術基準 同解説・計画編，技報堂出版，230p., 2005.
- 森地 茂，山形耕一 編著：交通計画，新体系土木工学 60，技報堂出版，296p., 1993.
- 北野利一，森瀬喬士，喜岡 渉，高橋倫也：確率波高に対する推定の可否を決定づける新たな指標の提案，海岸工学論文集，Vol. 55, pp. 141-145, 2008.
- 関 良基：基本高水はなぜ過大なのか—国交省の作為と日本学術会議の「検証」を問う，世界，岩波書店，No. 822, pp. 296-306, 2011.

(2013. 9. 19 受付)

▶回答者(Closure)

椎葉充晴(一般社団法人 流出予測研究所)・立川康人(京都大学)

Michiharu SHIIBA and Yasuto TACHIKAWA

著者らの研究に対して貴重な意見を頂くとともに、回答する場を与えられたことに対し、討議者に感謝申し上げます。以下、式番号は筆者らの論文¹⁴⁾および北野らの討議で付された式番号を用いる。

総合確率法は、降雨の時空間分布パターンを考慮した上で、任意の再現期間に対応する年最大洪水ピーク流量を求める手法であり、いくつかの河川流域に適用されている。総合確率法の解説には手順は示されているが、その基本的な考え方を示した原著論文が見当たらず、その背景にある仮定やそれから導かれる理論が明らかではない。これらを明らかにすることによって、妥当性や限界を理論的に議論することが可能となり、今後の展開を期することができると考えた。

総合確率法の考え方を理論的に導く上で、筆者らが設定した仮定¹⁴⁾を再掲すると以下のようである。これらの仮定は、総合確率法を理論的に導くために必要と考えられる事項を明らかにしたものである。

仮定 1) ある降雨期間内の総降雨量と降雨の時空間的分布パターンは独立である。

仮定 2) いずれの降雨においても、降雨パターンを固定し総降雨量だけを変化させた場合、総降雨量とともに洪水ピーク流量は単調に増加する。

仮定 3) 降雨の時空間的分布パターンは、有限個のパターンだけをとるとして、ある降雨パターンが生起する確率は与えられているとする。また、降雨期間は固定する。

仮定 4) 洪水（たとえばある地点の洪水ピーク流量が、事前に定められたある特定の洪水ピーク流量を超える事象）を生じさせるような降雨の発生はポアソン過程に従うとし、そうした降雨事象が発生したときの総降雨量の確率分布は、発生時点とは独立に、同一の分布関数に従うとする。

北野らは、これらの仮定のもとで、ある値を超える降水量が年間に生起する回数を示す生起率関数（式(15)）を用いた総合確率法の新しい見方を示している。筆者らが示した年最大総降雨量の分布関数と年最大ピーク流量の分布関数との関係式(9)やその近似式(11)、総合確率法で用いられる式(12)は、ある降雨期間内の総

降雨量の年最大値の確率分布を用いて年最大ピーク流量の確率分布を導出する式である。仮定4)に現れる総降雨量の確率分布（極大値分布）は、これらの式を誘導するために必要となるが、その具体的な関数形は必要としない。必要となるのは、ある降雨期間内の総降雨量の年最大値の確率分布関数である。一方で、北野らは、極大値分布や年最大値分布のもととなる降雨事象の生起率関数を設定して、ある値を超えるピーク流量の年間生起率や年最大値分布を導出した。両者の考え方に本質的な違いがあるわけではないが、北野らの生起率関数を用いれば、年最大値とは限らない個々の降雨発生からピーク流量の年最大値分布までを見通しよく説明することができる。

もう一つの改良点として、北野らは、仮定1), 3)に関連して、降雨パターンおよび降雨量に応じて降雨の生起確率を変化させることを提案しており、その具体的な成果が期待される。筆者らは降雨の時空間パターンについて、降雨パターン i が生起する確率を p_i として一般的に議論を進め、この値を等しいとする場合に総合確率法で用いられる式(12)が導かれることを示した。大町¹⁵⁾は、淀川流域の工事实施基本計画が策定された当時の総合確率法による検討過程を述べ、降雨パターンや雨量によらずその生起確率を等しく設定することから生じる困難とそれを回避するための補正法が検討されたことを紹介している。

総合確率法は、その理論的な枠組みの中で総降雨量の確率分布と降雨の時空間分布パターンを取り込み、年最大ピーク流量の確率分布を求めようとするところに特徴がある。その導出の背景にある仮定の妥当性を検証し、総降雨量と降雨分布パターンに応じて合理的な生起確率を設定することができれば、新たな洪水ピーク流量の設定手法に発展する可能性がある。

参考文献

- 14) 椎葉充晴, 立川康人: 総合確率法の数学的解釈, 土木学会論文集B1(水工学), Vol. 69, No. 2, pp. 101-104, 2013.
- 15) 大町利勝: 計画洪水流量決定手法に関する一考察, 水文・水資源学会誌, Vol. 17, No. 2, pp. 170-179, 2004.

(2014. 2. 25 受付)