

レーダー雨量に基づく確率洪水比流量曲線の推定

Estimation of Probabilistic Envelope Curves of Regional Flood Peaks

Derived by Spatial Distribution Analysis of Radar Rainfall

近森秀高*・永井明博*・増田直也†
 CHIKAMORI Hidetaka*, NAGAI AKIhiro*, MASUDA Naoya†

1. はじめに 起こりうる最大洪水流量を推定する洪水比流量曲線は、気象レーダーによって得られる詳細な雨量の空間分布から推定できるが、これに極値統計の概念を導入することにより、その発生頻度を考慮した確率洪水比流量曲線の推定が可能となる。本研究では確率ピーク流量を推定する確率洪水比流量曲線を求め、面積最大雨量に基づく洪水比流量曲線と比較した。

2. 解析対象流域および解析対象資料 解析には岡山県の高梁川、旭川、吉井川の各流域における1988～2011年のレーダー・アメダス解析雨量を用いた。また、角屋・永井(1979)による洪水比流量曲線式および、流量年表(1938～2004年)等から得られた岡山県を含む中四国地域内の各地点における既往最大比流量を比較対象とした。

3. レーダー雨量を用いたDAD解析の手法 改良雨量固定法(近森・永井, 2011)により降雨継続時間ごとのDA関係を調べ、各面積および継続時間に対応する最大面積雨量を包絡するDAD式のパラメータをRosenbrock法を用いて求めた。DAD式には、DD式であるSherman式(1)とDA式であるHorton式(2)との積の形で表した式(3)を用いた。吉井川流域において得られたDA関係を Fig. 1 に例示し、各流域におけるDAD式のパラメータを Table 1 に示す。

4. 面積最大雨量に基づく洪水比流量曲線 Table 1 のパラメータに基づき、各流域における洪水比流量曲線を求めた。ピーク流出係数 f は1とした。吉井川流域における結果を Fig. 2 に例示する。土地利用係数 C は、曲線が実測値をよく包絡する値を流域ごとに選んだ結果、高梁川および旭川流域で140、吉井川流域で200となった。得られた曲線は、角屋・永井(1979)による洪水比流量曲線式や岡山県を含む中四国地域内における実測値と比較して、小規模流域で洪水比流量を過大推定する傾向が見られた。

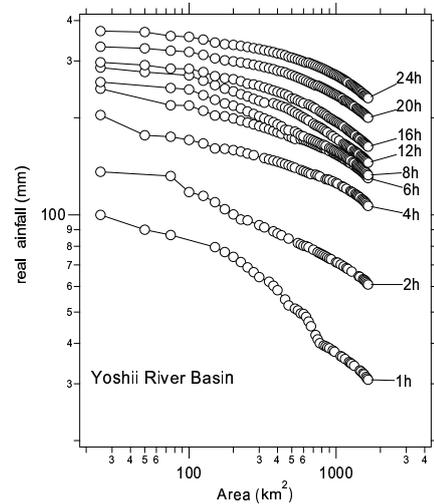


Fig.1 Depth-Area (DA) curves of rainfall in Yoshii River Basin (2,110 km²).

$$\text{Sherman 式} : i = \frac{a}{t^c} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Horton 式} : P = P_0 \exp \{-\alpha(A - A_0)^\beta\} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{DAD 式} : r = \frac{a}{t^c} \exp \{-\alpha(A - A_0)^\beta\} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{合理式} : q = \frac{Q_p}{A} = \frac{1}{3.6} r_e = \frac{1}{3.6} f \cdot r \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{洪水到達時間式} : t_p = C \cdot A^{0.22} \cdot r_e^{-0.35} \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{洪水比流量曲線式} : q = K \cdot A^{-\epsilon} \exp \{-\delta(A - A_0)^\beta\} \dots\dots\dots (6)$$

$$K = \frac{1}{3.6} \left(\frac{fa}{C^c} \right)^u, \epsilon = 0.22cu, \delta = \alpha u, u = \frac{1}{1 - 0.35c}$$

ここに、 i : 点降雨強度 (mm/h), t : 降雨継続時間 (h), P_0 : 流域内の点最大降雨強度 (mm/h), P : 面積平均降雨強度 (mm/h), A : 対象面積 (km²), A_0 : 実用上点最大面積 (km²), a, c, α, β : 定数, q : 洪水比流量, Q_p : ピーク流量, r : 洪水到達時間内の流域平均降雨強度, f : ピーク流出係数, r_e : 洪水到達時間内の流域平均有効降雨強度 (mm/h), t_p : 洪水到達時間 (min), C : 土地利用係数。

River	α	β	a	c
Takahashi	0.0684	0.376	106.5	0.511
Asahi	0.0826	0.373	118.4	0.456
Yoshii	0.0917	0.340	120.0	0.439

*岡山大学大学院環境生命科学研究所, Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University

†中国銀行, Chugoku Bank

キーワード: 洪水比流量曲線, DAD 解析, レーダー雨量, 水文統計

5. 確率洪水比流量曲線 改良雨量固定法によって得られたDA関係から、面積ごとに面積雨量の年最大値を抽出し、これらに適合させた一般化極値分布を用いて任意の確率年に対応する確率面積雨量を求めた。一般化極値分布のパラメータはL積率法により求めた。確率年は10, 20, 50, 100, 200年とした。確率洪水比流量曲線は、まずDAD式が確率面積雨量を平分するように Rosenbrock 法でパラメータを推定し、これに基づいて求めた。吉井川流域におけるパラメータと確率洪水比流量曲線をそれぞれ Table 2, Fig. 3 に例示する。10~50年確率洪水比流量曲線は実測値を包絡できなかったが、100年, 200年確率の曲線は、面積最大雨量に基づく洪水比流量曲線と同程度に包絡した。また、面積最大雨量に基づく場合と同様に小規模流域では比流量を過大推定する傾向が見られた。

6. 空間的発生率を考慮した確率洪水比流量曲線 小規模流域における比流量の過大推定傾向を改善するため、近森・永井 (2011) のアプローチに従い、面積雨量の空間的発生率を考慮した確率洪水比流量曲線の推定を行った。流域全体の面積が A_T のとき、対象流域内の面積 A の領域において面積雨量の空間的超過確率が γ となるような面積 S_γ およびこれに対応する面積雨量 $R(S_\gamma, A)$ は、それぞれ式 (7) および式 (8) のように表される。式 (8) で表される DA 関係に基づく洪水比流量曲線式は、式 (9) のように誘導される。まず、面積最大雨量に基づく DAD 式のパラメータを用い、非超過確率が 100, 99, 98, 95, 90% の洪水比流量曲線を推定した。式 (9) を用いて得られる200年確率洪水比流量曲線は、高梁川および吉井川流域で 98%, 旭川流域で 95% の非超過確率を採ったときに適合度が高く、これらの曲線では、小規模流域における過大推定の傾向が軽減され、角屋・永井 (1979) が提案した洪水比流量曲線式と同程度に実測値を包絡した。吉井川流域における結果を Fig. 4 に例示する。

7. まとめ 任意の確率面積雨量に基づいて確率洪水比流量曲線を求める方法を示した。その結果、100年および200年確率洪水比流量曲線は、面積最大雨量に基づいて求めた洪水比流量曲線と比べ、その形状や推定結果に大差なかった。また、空間的発生確率を考慮することにより、面積最大雨量に基づく洪水比流量曲線と同様に、小規模流域における洪水比流量の推定精度が改善されることを示した。

参考文献 角屋 睦・永井明博 (1979): 洪水比流量曲線へのアプローチ, 京都大学防災研究所年報, 19B-2, 143-152; 近森秀高・永井明博 (2011): レーダー雨量から見た瀬戸内地域の洪水比流量曲線。

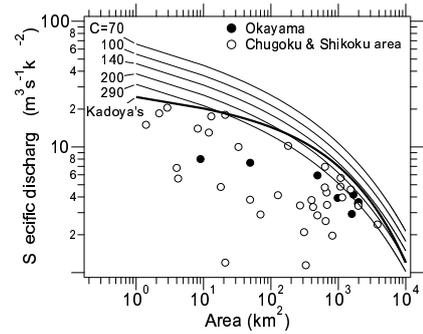


Fig. 2 Envelope curves derived from DAD relations of maximum areal rainfall (Yoshii River Basin).

Table 2 Parameters of probabilistic envelope curves (Yoshii River Basin)

Return Period	α	β	a	c
10	0.0347	0.476	88.4	0.462
20	0.0393	0.457	95.8	0.444
50	0.0381	0.457	101.2	0.421
100	0.0685	0.385	115.9	0.405
200	0.0835	0.359	123.8	0.388

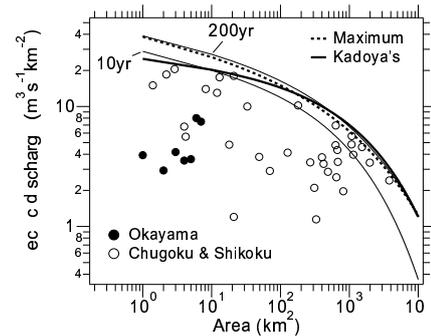


Fig. 3 Probabilistic envelope curve (Yoshii River Basin).

$$S_\gamma = A + \gamma(A_T - A) \dots \dots \dots (7)$$

$$R(S_\gamma, A) = \frac{P_0}{A} \left[S_\gamma \cdot \exp \left\{ -\alpha \cdot S_\gamma^\beta \right\} - (S_\gamma - A) \cdot \exp \left\{ \alpha \cdot (S_\gamma - A)^\beta \right\} \right] \dots \dots \dots (8)$$

$$q = K \cdot A^{-c} \cdot [R(S_\gamma, A)/P_0] \dots \dots \dots (9)$$

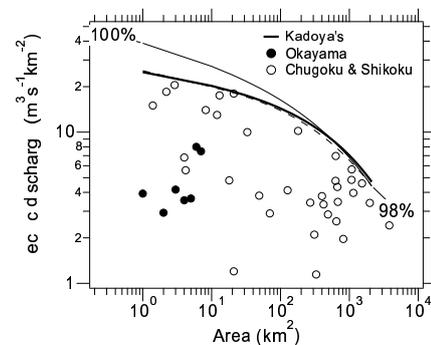


Fig. 4 200-year Flood envelope curves considering spatial non-exceedance probability of areal rainfall.