

# 分布型流出モデルによる洪水到達時間式の評価

水文気象研究室 岡 亮介

## 1. 背景

流域における流出機構は、その複雑さが障害となり、未だ解明されているとは言い難い。現在における、中小河川計画の基本高水算定には、取り扱いが簡便なことから合理式(式 1.1)が用いられている。この合理式による基本高水算定において、降雨継続時間は最遠点到達時間  $T_c$  を基準に設定されており、洪水のピーク流量はピーク流量発生時刻までの洪水到達時間内の降雨に大きく影響される。このため、基本高水のピーク流量は洪水到達時間を重視されている。ここで、最遠点到達時間とは、流域最遠点からの流出が、流域出口に到達するまでの時間のことである。

$$Q_p = (1/3.6) / K \cdot Re \cdot A \cdots (\text{式 1.1})$$

$Q_p$ : ピーク流量 [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]  $K$ : 流出係数

$Re$ : 降雨強度 [ $\text{mm}/\text{hr}$ ]  $A$ : 流域面積 [ $\text{km}^2$ ]

## 2. 目的

本研究は、「分布型流出モデルによる洪水到達時間の調査」により導出された算定式(中川式 式 1.2)の実流域における最遠点到達時間  $T_c$  の再現性を目的とした。図 2.1 は既往の式との比較結果であるが、パラメーター係数の変動の範囲に収まった結果であることがわかる。この算定式の導出の際、1 つの河川でしか解析が行われておらず、他河川における再現性が不十分である。よって、複数の河川において  $T_c$  を求め、角屋式(式 1.3)、ハイドログラフとの比較をしていく。

$$T_c = 3.8 \times 10^{-4} \{ L_{\max} + A \{ 2 \{ L_{\max} \}^{-1} S_{L_{\max}}^{-0.3} R_v^{-0.4} \} \} \cdots (\text{式 1.2})$$

$T_c$ : 洪水到達時間 [ $\text{hr}$ ]

$L_{\max}$ : 最遠点流路延長 [ $\text{m}$ ]

$S_{L_{\max}}$ : 最遠点流路勾配 [-]

$R_v$ : 降雨量 [ $\text{m}^3/\text{sec}$ ]

$$T_c = C \cdot A^{0.22} \cdot Re^{-0.35} \cdots (\text{式 1.3})$$

$T_c$ : 洪水到達時間 [ $\text{min}$ ]

$C$ : 流出係数

(丘陵山林地域: 290、放牧地・ゴルフ場: 190-210

粗造成宅地: 90-120、市街地: 60-90)

$Re$ : 降雨強度 [ $\text{mm}/\text{hr}$ ]

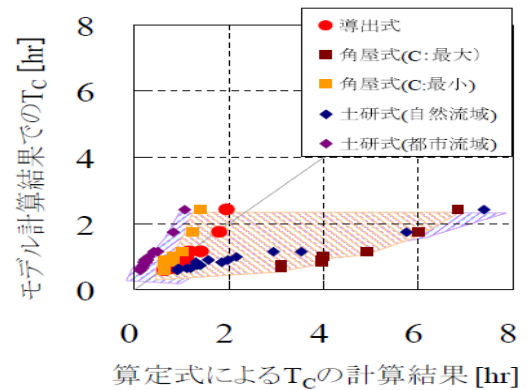


図 2.1: 中川式と既往の式との比較

## 3. 実流域モデルでの洪水到達時間の調査

表 3.1 に本研究で調査を行った地点および河川名と流域面積および流路延長の公称値を示す。解析対象は表 3.1 の通りだが、7 つの河川において、降雨量が 15 [ $\text{mm}/\text{hr}$ ] 以上の期間を調査し、解析を行った。今回は北海道 留萌川 2008 年 8 月 18-20 日の期間を例に挙げて研究内容を説明していく。

表 3.1: 解析対象流域

| 地域  | 名称  | 流域面積 [ $\text{km}^2$ ] | 流路延長 [ $\text{km}$ ] |
|-----|-----|------------------------|----------------------|
| 北海道 | 留萌  | 270                    | 44                   |
| 新潟県 | 黒川  | 150                    | 31                   |
|     | 刈谷田 | 240                    | 52.8                 |
|     | 渋海川 | 330                    | 77.5                 |
|     | 早出川 | 264                    | 44.8                 |
| 福井県 | 北川  | 210                    | 30.3                 |
| 香川県 | 土器川 | 140                    | 33                   |

### 3.1 研究方法

留萌川流域の数値地図データ 2500 を Nippon KOEI-Geographic Information Analysis System(以下、NK-GIAS)に取り込み、そこから算出式(式 1.1、1.2)から洪水到達時間を算出するにあたって必要なデータである、流域の地理因子を調査する。NK-GIAS からは流域の流域面積、流路延長、最遠点流路勾配の解析を行った。これにより中川式、および角屋式から洪水到達時間を導出し、ハイドログラフとの洪水到達時間の比較をしていく。ハイドログラフの作成は国土交通省「水文水質データベース」から対象流域の各観測所から雨量および、流量のデータを入手し、作成を行った。

### 4. 解析結果

表 4.1 に NK-GIAS による解析結果を示す。最遠点流路勾配は最遠点流路標高を最遠点流路延長で除した値である。

表 4.1 解析結果

| 解析値  | 流域面積<br>[km <sup>2</sup> ] | 最遠点流路延長[km] |
|------|----------------------------|-------------|
| 留萌川  | 305                        | 38          |
| 黒川   | 139                        | 29          |
| 刈谷田川 | 242                        | 49          |
| 渋海川  | 312                        | 70          |
| 早出川  | 224                        | 41          |
| 北川   | 204                        | 26          |
| 土器川  | 112                        | 40          |

| 解析値  | 最遠点流路勾配[-] | 最遠点流路標高<br>[m] |
|------|------------|----------------|
| 留萌川  | 6.81E-03   | 262            |
| 黒川   | 4.43E-03   | 130            |
| 刈谷田川 | 2.02E-02   | 995            |
| 渋海川  | 1.11E-02   | 778            |
| 早出川  | 2.19E-02   | 910            |
| 北川   | 2.31E-02   | 602            |
| 土器川  | 2.22E-02   | 895            |

角屋式と中川式から、この解析で得た地理因子を用いて、洪水到達時間を算出する。流域面積、流路延長は表 3.1 の公称値、角屋式の降雨強度は図 5.1

からの 1.8[mm/hr]を用いる。中川式での降雨量への単位変換は式 1.4 を用いる。

$$Rv=(1/3.6) \cdot A \cdot Re \cdot 0.7 \cdots (\text{式 1.4})$$

0.7:流出係数

$$\begin{aligned} \text{角屋式 } T_c &= C \cdot A^{0.22} \cdot Re^{-0.35} = 290 \cdot 270^{0.22} \cdot 1.8^{-0.35} \\ &= 809[\text{min}] \\ &= 13.5[\text{hr}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{中川式 } T_c &= 3.8 \cdot 10^{-4} \{ L_{\max} + A \{ 2 \{ L_{\max} \}^{-1} S_{L_{\max}}^{-0.3} Rv^{-0.4} \} \} \\ &= 3.8 \cdot 10^{-4} \{ 44000 + 270 \cdot 10^6 \{ 2 \{ 44000 \}^{-1} \} \\ &\quad 0.00681^{-0.3} 107^{-0.4} \} \\ &= 12.3[\text{hr}] \end{aligned}$$

### 5. ハイドログラフの作成法

ピーク流出量  $Q_p$  の発生時刻  $t_2$  の降雨強度  $r_p$  を求め、 $r_p$  と同じ値を示した降雨ピーク前の時刻  $t_1$  の推定する。そこから、その時刻差  $t_2 - t_1$  が洪水到達時間  $t_c$  となる。(図 5.1 参照)

ここから、ハイドログラフからの洪水到達時間は 6.4[hr]、降雨量は 1.8[mm/hr]と決定される。

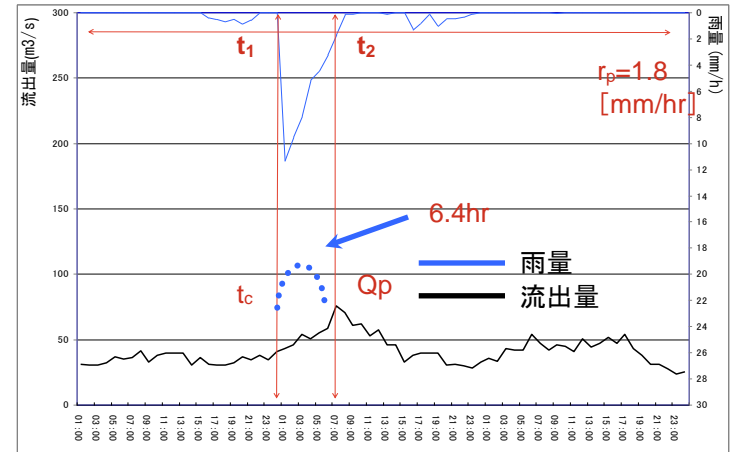


図 5.1:洪水到達時間の算出法

## 6. 結論

図 6.1 に算定式とハイドログラフ、図 6.2 に角屋式と中川式について洪水到達時間の比較をした。各グラフ中の  $45^\circ$  の直線は、この直線にプロットが集まれば洪水到達時間の誤差が少ないことを表している。今回の検討では、図 6.1 からは算定式とハイドログラフの誤差が大幅にあり、また、プロットにも統一性が無く、良い結果ではなかった。これの原因として、降雨の観測時間が 1 時間であり、より小さな 10 分などのより短い観測幅での観測ができれば誤差はより少なくなったのではないかと考えられる。図 6.2 では大幅に時間差があるプロットもあるが、ほとんどが 2 時間以内の誤差であり、中川式と角屋式では丘陵山林地帯において(流域係数:290 を用いたため)は同程度の精度だと、推定される。図 6.3 では、算定式の留萌川と土器川においてのみ比較した。この結果では留萌川においては 1 時間、土器川においては 2 時間の洪水到達時間にすべてが収まっており、この結果から、中川式は流域によって精度が大きく異なることがわかる。中川の式において角屋式とは異なり、流域定数  $C$  が算定式中に使用されてないので、流域での地理特性データが整備されてきた現在においては、中川式の洪水到達時間算出の精度が高くなれば、角屋式よりも取り扱いやすい式になるだろう。また、今回の検討では森林の多い流域について、解析をしたので、都市部など、角屋式中の流域定数が異なる流域での再現性の評価が必要である。

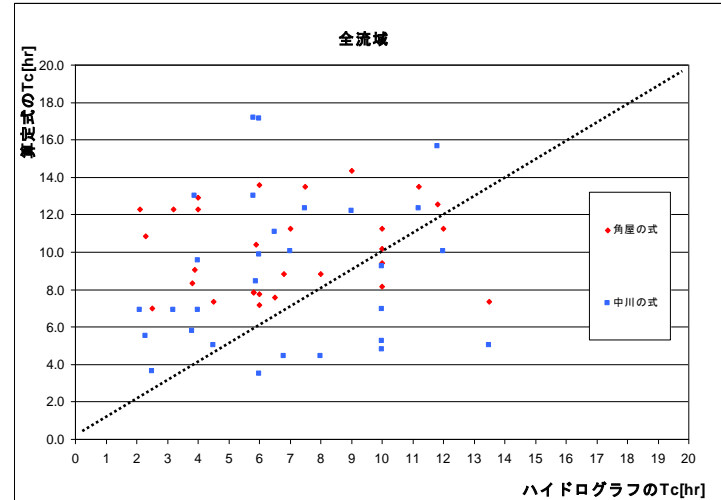


図 6.1 ハイドログラフと算定式の比較

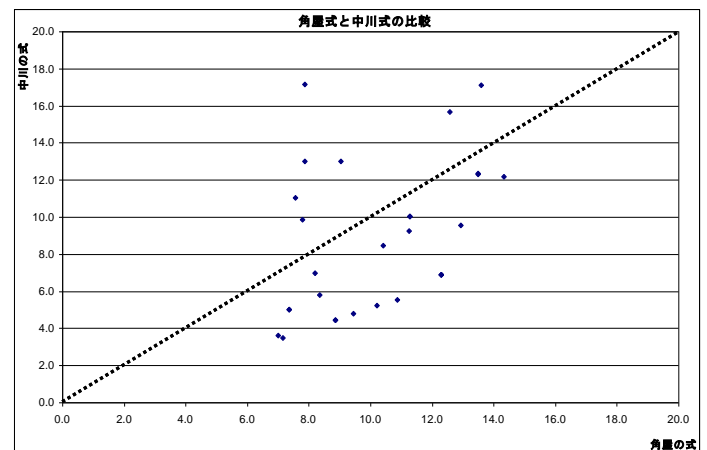


図 6.2 角屋式と中川式の比較

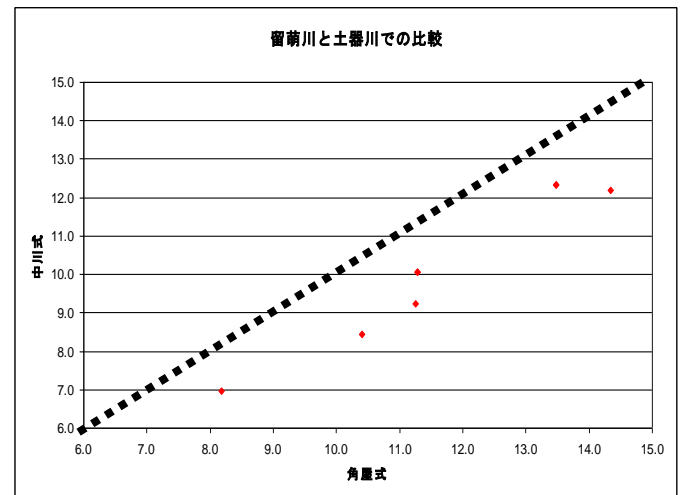


図 6.3: 角屋式と中川式の比較