

2016 年を対象とした十勝川流域における洪水流の特徴

Characteristics of flood flows over Tokachi river basin in 2016

北海道大学工学部環境社会工学科
北海道大学院工学研究院
北海道大学院工学研究院

○学生員 安藤麻衣 (Mai Ando)
正会員 星野剛 (Tsuyoshi Hoshino)
正会員 山田朋人 (Tomohito Yamada)

1. はじめに

2016 年 8 月, 台風に伴う豪雨が北海道の各地を襲い, 河川の増水や氾濫による浸水被害, 土砂災害, 橋梁, 道路の崩落などの深刻な被害が生じた. 台風 7, 11, 9 号の 3 つの台風が 8 月 17 日から 23 日の 1 週間の間に連続して北海道に上陸し, 十勝川流域や常呂川流域, 石狩川流域などの多くの流域で深刻な洪水被害が生じた. 3 つの台風が続いて, 8 月 29 日から台風 10 号が北海道に接近し, 過去に例を見ないほどの大雨となり, 北海道中央部の日高山脈周辺に大きな被害を与えた. 空知川上流に位置する串内雨量観測所では, 8 月 29 日から 31 日の 3 日間で 500 mm 以上を記録するなど, 各地で記録的な大雨となった.

1961 年から 2016 年の 56 年間に北海道に接近した台風を, 日本海ルート, 太平洋ルート, 本州縦断ルートに分類したところ, 2011 年以降は太平洋ルートの台風が多く発生していることが判明している¹⁾. また, 太平洋ルートの台風は他のルートと比べ, 北海道以南の北緯 30-40 度帯で中心気圧が上昇しにくいことも示されている. 2016 年の台風 10 号はこの太平洋ルートであり, 強い勢力を保ったまま北海道に接近した.

気象庁による北海道の気候変動予測²⁾では, 将来の北海道の気候は地球温暖化の影響により日降水量, 50 mm 以上, 100 mm 以上の年間発生日数および 30 mm/h 以上, 50 mm/h 以上の年間発生回数も増加することが示されている. 地域ごとに見ても各地で増加傾向となり, 大雨や短時間強雨の頻度も増加すると予測されている.

2016 年の豪雨の特徴として, 連続した 3 つの台風による大雨で土壌は大量の水を含んで飽和状態にあったことが挙げられる. 保水機能を失った土壌にさらに大雨が降ったことで流出量が増大し, 被害の増加につながった³⁾.

本研究では 2016 年の豪雨を対象に, 準二次元不定流モデルを用いて, 洪水時の水理を把握する. その結果から連続する降雨による河川流量への影響や, 洪水リスクの変化を検討する.

2. 解析手法

2.1 準二次元不定流解析

本研究では準二次元不定流解析モデル⁴⁾を用い, 洪水時の水理の把握を試みた. 準二次元不定流解析は流速の横断分布や樹木群の影響を加味できるため, 複断面や樹木のある河道の洪水流解析に有効である. 同モデルの基礎式は以下の連続式と運動方程式から構成される.

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(AU)}{\partial t} + \frac{\partial(\beta AU^2)}{\partial x} = -gA \frac{\partial z_s}{\partial x} - \frac{1}{\rho} \chi \tau \quad (2)$$

ここで, A は断面積(m^2), Q は流量(m^3/s), U は断面平均流速(m/s), β は運動量補正係数, g は重力加速度(m/s^2), z_s は水位(m), ρ は水の密度(kg/m^3), χ は潤辺(m), τ は河床における単位面積あたりのせん断力(kg/m^2)である. 式(1)は, 式(3)の連続式を横断面で積分することで導く.

$$\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0 \quad (3)$$

ここで, u_x , u_y , u_z は流速の流下方向, 横断方向, 鉛直方向成分である. 運動量補正係数 β は式(4)で表され, 流速の横断的なばらつきを補正する係数である.

$$\beta = \frac{\int u^2 dA}{U^2 A} \quad (4)$$

右辺第 1 項は圧力勾配, 第 2 項はせん断力による外力を表す応力項である. せん断力 τ は, 通水能 K を用いて以下のように表す. 通水能 K は河道断面が持つ流下能力を表す変数である.

$$\tau = \frac{\rho g R Q |Q|}{K^2} \quad (5)$$

通水能 K は式(6), (7)で定義される.

$$K_i = \frac{A_i R_i^{\frac{2}{3}}}{n_i} \quad (6)$$

$$K = \sum_i^{iend} K_i \quad (7)$$

ここで, n は粗度係数, R は径深(m)である. 本研究では河道の横断測量データに基づき, 横断面ごとに K の値を算出することによってせん断力 τ を求める.

2.2 差分法

差分法にはプレイスマン 4 点法を用いた⁵⁾同手法は時空間で 2 次精度であり, 陰解法であることから大きな Δt による計算が安定に行える利点を有する.

2.3 解析条件の設定

図-1 に解析対象範囲を示す. 使用したデータは, 河道の横断測量データ, 水位の観測データ, HQ 式によって変換された流量データである. 境界条件として, 十勝川の千代田, 利別川の利別, 十勝川の東台 1 号橋, 牛首別川

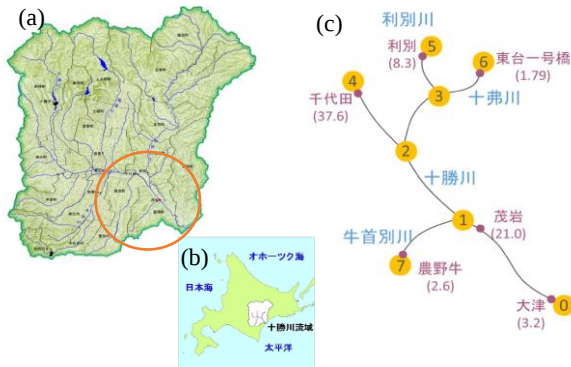


図-1 十勝川流域と計算の対象範囲

(a)十勝川流域の計算対象とした範囲、(b)北海道における十勝川流域の位置、(c)計算対象とした河川のデータセット。青文字は河川名、赤文字は観測所名、括弧内は河口または合流部からの距離(km)を示す。

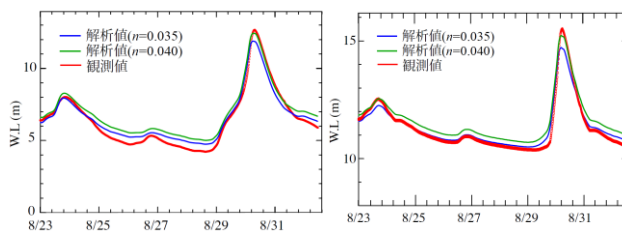


図-2 茂岩観測所での水位

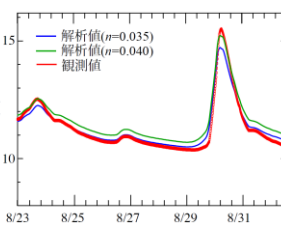


図-3 利別観測所での水位

の農野牛に流量、十勝川の太津に水位を与えている。

図-1 に解析対象範囲を示す。使用したデータは、河道の横断測量データ、水位の観測データ、HQ 式によって変換された流量データである。境界条件として、十勝川の千代田、利別川の利別、十勝川の東台 1 号橋、牛首別川の農野牛に流量、十勝川の太津に水位を与えている。準二次元不定流モデルでは低水路と高水敷を区別して粗度係数を設定することができるが、ここではすべて一定値で計算を行った。計算対象期間は 2016 年 8 月 23 日から 9 月 2 日とし、 Δt 、 Δx はそれぞれ 25s、200m とした。

3. 結果と考察

3.1 計算結果の妥当性

初めに計算結果と粗度係数の設定の妥当性を検証するため 2 種類の粗度係数 (0.035, 0.040) を設定した計算を実施した。図-2 に十勝川の河口から 21km 地点の茂岩観測所、図-3 に利別川の十勝川との合流点から 8.3km 地点の利別観測所での水位の計算結果を示す。粗度係数を 0.040 に設定した結果では実測値のピーク水位に近い結果であったため、以降においても 0.040 を設定した。低水路と高水敷を区別して粗度係数を変えることで、より実測値に近い結果が得られると考えられるが、本研究では粗度係数は低水路と高水敷で同一の値とした。

3.2 合流点における支川と本川の流量

計算結果から、十勝川と利別川の合流点での流量の割合を比較した。十勝川と利別川の合流点においては、ピーク流量時、利別川からは十勝川からの流量の 2/15 ほどが流入していた。図-4 に十勝川と利別川の合流部における両河川の流量を示す。同図より、利別川では流量ピーク

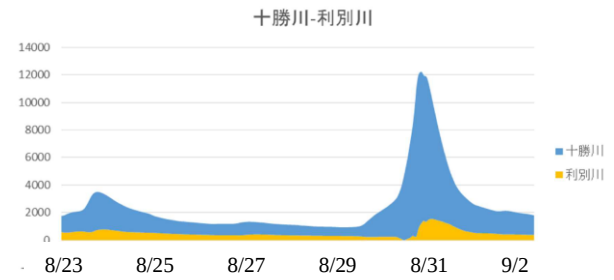


図-4 十勝川と利別川の合流点における流量の割合

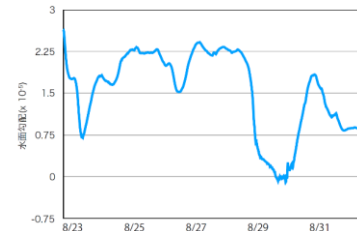


図-5 利別川の合流部における水面勾配

の出現前に利別川の流量が小さくなる時間帯があることがわかる。図-5 には十勝川と利別川の合流部における利別川の水面勾配を示す。図-5 より、利別川の流量が小さい時間帯には水面勾配が小さくほぼ 0 となっていた。これは、利別川の合流部での流量が十勝川水位の上昇の影響を受けていたことを示す結果である。今後モデルの検証とともに解析を進める予定である。

4. まとめと今後の方針

十勝川流域を対象とした流量計算を行い、計算結果の妥当性の検証と、本川と支川の流量の特徴に関する結果を得た。今後の研究では、十勝川流域全体を対象範囲とした計算を行えるようにモデル作成を進める。また、台風 10 号の襲来時期が実際より早かったことを想定して河川流量を計算することにより、降雨の時間間隔による影響を検討する。

謝辞

本論文は科研費(16H0236006; 17H0331837)の成果の一部である。北海道開発局帯広開発建設部より、河道の横断データと水位データ、流量データの提供を受けた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 北野慈和, 山本太郎, 小林彩佳, 山田朋人: 2016 年 8 月豪雨事例を含む過去 56 年間に北海道周辺を通過・上陸した台風の統計的解析, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.73, No.4, I_1231-I1236, 2017.
- 2) 札幌管区気象台, 北海道の気候変化 第 2 版, 2017.3.
- 3) 土木学会 2016 年 8 月北海道豪雨災害調査団, 2016 年 8 月北海道豪雨災害調査団報告書, 2017.4.
- 4) Weiming Wu, Computational river dynamics, 2008, pp.29-40.
- 5) 大串造一郎, 土木・建築関連技術者のための水理計算における差分法入門講座 Ver.3.0, 2000.