

十勝川流域において上流の流量の不確実性が下流に与える影響

The influence of uncertainty of upstream discharge on the downstream in Tokachi river basin

北海道大学大学院工学院 ○学生員 安藤麻衣 (Mai Ando)
 北海道大学大学院工学研究院 正員 星野剛 (Tsuyoshi Hoshino)
 北海道大学工学院工学研究院 正員 山田朋人 (Tomohito Yamada)

1. はじめに

河川流量の予測は防災上重要な対象であるが、降雨の観測や予測、水位や流量の観測、河川モデル、流出モデルなどはそれぞれ不確実性を含んでいる¹⁾。そこで、本研究では上流側の流量の不確実性が下流の水位・流量に与える影響を把握することを目的とする。

著者らは2016年8月の台風10号時における十勝川流域を対象とし、複数の支川の上流端の流量ハイドログラフを複数パターン組み合わせた大量ケースの数値シミュレーションを行うことにより、上流の流量の不確実性が下流のどこでどの程度影響を与えるか分析を行った²⁾。同論文では流量の不確実性を流量の大きさの不確かさと流量の時間方向の不確かさに分け、それぞれの不確実性が下流に与える影響を調べた。

2. 解析手法

2.1 再現計算

準二次元不定流モデル³⁾⁴⁾を用いて数値シミュレーションを行った。2016年台風10号時の再現計算を行いモデルの妥当性を検証した。計算対象とした十勝川流域の範囲を図-1に示す。

2.2 不確実性を考慮したシミュレーション

支川上流端の境界条件である流量ハイドログラフを複数パターン作成し、それらを組み合わせて数値シミュレーションを行うことで、流量の不確実性による下流への影響を調べた。境界条件を変えた支川は十勝川流域において洪水時の流量が1000 m³/sを超える音更川、札内川、利別川である。流量の時間方向の不確実性を考慮したシミュレーションでは、3つの支川の流量ハイドログラフをピークが早くなる方向あるいは遅くなる方向に2時間ずつずらし、各6パターンの境界条件を作成し、それらを全て組み合わせて216ケースのシミュレーションを行った。

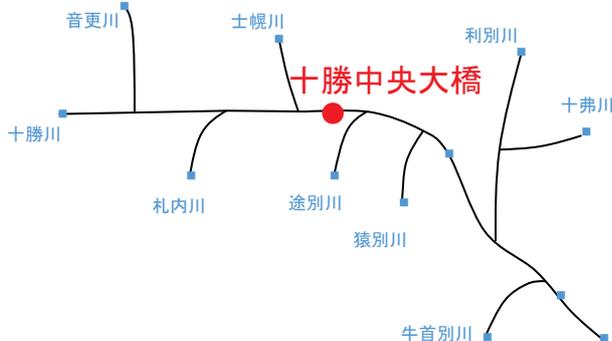


図-1 計算対象とした十勝川流域。
 四角は水位観測所を示す。

3. 計算結果と考察

十勝中央大橋観測所における216ケースのシミュレーション結果を図-2に示す。境界条件の組み合わせをえることにより、水位・流量は幅をもって変動することがわかる。ピーク流量の幅とばらつき各地点での値を図-3に示す。支川によって流量規模が異なるため、流域全体を相対的に比較するために無次元化した変動係数で示す。

図-3より、十勝川本川において流量の変動が大きいこと

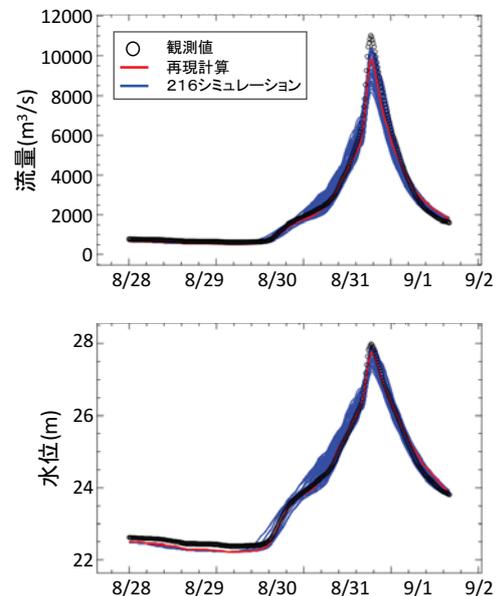


図-2 流量の時間方向の不確実性を考慮したシミュレーションによる流量および水位の時間変化(十勝中央大橋観測所)。黒丸が観測値、赤線が再現計算、青線が境界条件を変えたシミュレーションの結果である。
 (安藤、星野、山田2018、土木学会論文集B1より引用)

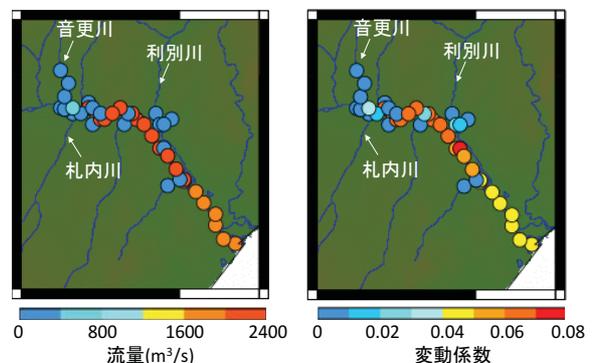


図-3 流量の時間方向の不確実性を考慮したシミュレーションによる流量の変動幅と変動係数。丸印は河川上の任意の地点を示している。
 (安藤、星野、山田2018、土木学会論文集B1より引用)

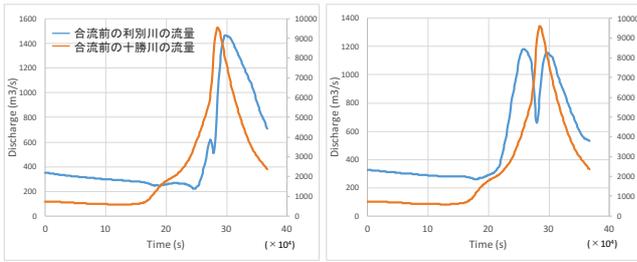


図-4 合流直前の利別川の流量ハイドログラフ(左:再現計算の結果, 右:利別川の流量を10時間早めた計算). 橙色の線が十勝川, 青色の線が利別川の流量.

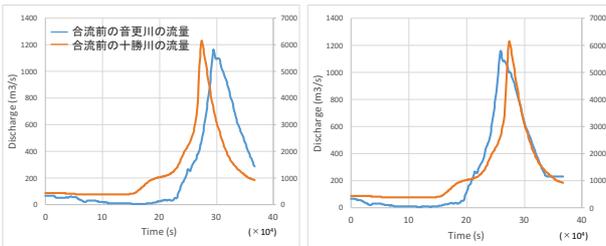


図-5 合流直前の音更川の流量ハイドログラフ(左:再現計算の結果, 右:音更川の流量を10時間早めた計算). 橙色の線が十勝川, 青色の線が音更川の流量.

がわかる. 札内川合流後から下流側で変動が大きく河口に近づくときや小さくなっている. 札内川合流後から利別川合流部あたりで変動が大きい要因としては, 不確実性を考慮した支川の影響が重なっているためであると考えられる. また, 河口付近で変動が小さくなっている要因は, 十勝川本川の勾配が緩いため拡散されていると考えられる. 最も変動が大きいのは十勝川本川に合流する直前の利別川である. 利別川下流の勾配が緩く, 十勝川本川に比べて利別川の流量が小さいためバックウォーターの影響があると考えられる.

利別川が合流する直前の十勝川本川と利別川の流量ハイドログラフを比較した. 図-4の左図は再現計算の結果で, 右図は利別川上流端の流量ハイドログラフをピークが10時間早くなるようにずらした計算の結果である. 利別川のピークが2つに分かれ, 流量が約2割小さくなっている. このため合流直前の利別川の流量の変動が大きいと考えられる. また, 利別川の流量が減少しているときに十勝川本川の流量が増加していることから, 利別川の流量が抑制されて流れにくくなっていることが考えられる. また, 利別川合流後の十勝川本川において, 利別川合流前よりもやや変動が小さくなっている. この要因として, 利別川の流量が抑制され, 本川と支川のピークが重なるケースがないため, 合流後の流量がある程度の値に抑えられることから合流後の変動が合流前よりも小さくなっていると考えられる.

同様に音更川合流部においても, 合流直前の十勝川本川と音更川の流量ハイドログラフを比較した. 図-5の左図は再現計算の結果で右図は音更川上流端の流量ハイドログラフをピークが10時間早くなるようにずらした計算の結果である. 利別川とは異なり, 上流端のピークを早めると合流部においても音更川のピークが早まることがわかる. また音更川においては, 上流端のピークを6時間早めた計算において合流部で音更川と十勝川のピークが概ね同時刻と

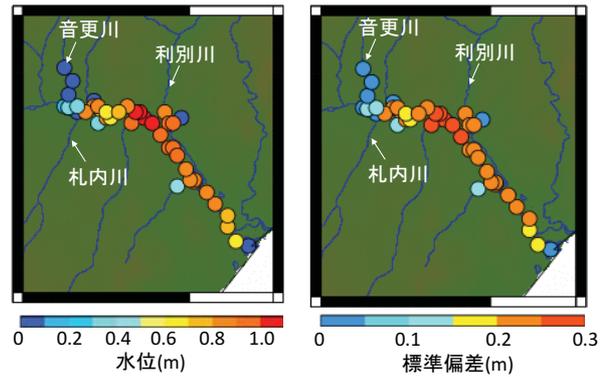


図-6 流量の時間方向の不確実性を考慮したシミュレーションによる水位の変動幅と変動係数.
(安藤, 星野, 山田 2018 土木学会論文集 B1 より引用)

なり, ピークが重なったときに合流後の流量が増加していることがわかった.

このように, 利別川合流部においては, 利別川の流量が抑制されることにより, 合流後の十勝川本川における不確実性は減少し, 音更川合流部においては, ピークが重なるような最大ケースも起こりうるため, 合流後の十勝川本川の不確実性は増大することがわかった.

次に, 各地点におけるピーク水位の変動幅とばらつきを図-6に示す. 図-3の流量の変動が大きい場所において水位の変動も大きいことがわかる. また, いくつかの支川では上流での変動もやや大きくなることが示されている. これらの支川は勾配が緩く, 洪水ピーク時に水面勾配が小さくなることがわかった. 本川の変動が上流の水位にも影響を与えていると考えられる.

4. まとめ

支川上流端の流量ハイドログラフに流量の不確実性を代表させた大量ケースの数値シミュレーションを行うことにより, 支川上流の流量の不確実性が下流の水位・流量に与える影響を評価した. 上流の流量ハイドログラフの時間のずれが本川に与える影響は支川の特徴によって異なり, 利別川合流後では不確実性が減少し, 音更川合流後では不確実性が増大するという結果が示された.

謝辞: 本論文は科研費(17H0331837; 17K14728), MEXT/SI-CAT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. 記して謝意を評します.

参考文献

- 1) 小林彩佳, 柴田幸之介, グエンレズン, 山田朋人: 2016年北海道豪雨を対象とした降雨分布が与える河川流量の不確実性, 水文水資源学会研究発表会要旨集, pp.39-40, 2017.
- 2) 安藤麻衣, 星野剛, 山田朋人: 十勝川流域を対象とした支川の流量の不確かさが本川のピーク水位・流量に及ぼす影響, 土木学会論文集 B1(水工学), 2018.
- 3) Wu, W: Computational river dynamics, pp.29-40, 2008.
- 4) 土木学会: 水理公式集, pp.111-119, 1999.