

流域雨量指数から推定した湛水量を利用し改良した河道閉塞検知手法の提案

国土技術政策総合研究所 ○大槻聡志¹、瀧口茂隆、金澤瑛²

(株) コルバック 吉村暢也、張成美、沼澤一夫

1: 現国土交通省総合政策局海外プロジェクト推進課 2: 現(国研) 土木研究所

1. はじめに

深層崩壊や地すべり等、大規模土砂移動現象により河道閉塞が発生した場合、その発生を早期に覚知し、危険性を評価することが重要である。¹⁾このような背景から、国土技術政策総合研究所では、水位観測所で観測した流量データを用いた河道閉塞の検知手法について検討を行い、流量が減少することでリアルタイムに上流域の河道閉塞の発生を検知する手法(以下、「従来手法」という)を提案した¹⁾。従来手法を踏まえ、関東地方整備局では河道閉塞検知システムのプロトタイプを開発し、利根川水系の5つの水位観測所で試行運用を行っている。しかし、試行運用を開始した2015年から2023年までの9年間で、実際には河道閉塞が発生していないにもかかわらず、延べ200回以上誤検知されていることが分かった。このことから、従来手法には検知手法の信頼性に課題が残されており、実運用に向けて検知手法の改善が必要である。

そこで本研究は、検知手法の信頼性向上を目的に、近年全国的に提供されている流域雨量指数から推定した湛水量を利用した新たな検知手法を提案し、その有効性を検証した。

2. 検知手法について

2. 1. 従来手法の概要

河道閉塞が発生したときには、河道閉塞箇所から下流の流量が急激に減少することが報告されている²⁾。従来手法は、流量観測所で急激な流量減少を検知した場合に河道閉塞が発生したと判定する手法である。ある時刻に観測した流量(以下、「観測値」という)が60分前の観測値に対する流量減少率を計算し、それが予め定めた閾値よりも大きければ、通常見られない流量減少とみなし、河道閉塞が発生したと判定する仕組みである(図-1)。プロトタイプでは、過去7~12年間の各水位観測所の毎時流量観測データをもとに算出した発生頻度が年3回以下の流量減少率を閾値として設定したことから、理論上、3回/年×9年×5箇所、延べ135回程度の検知が想定される。これは実際の河道閉塞の発生有無に関わらず135回は河道閉塞が発生したと判定する仕組みとなっており、確率的な誤検知が必ず発生してしまう。したがって、検知精度を改善する1つの方法としては、確率的に求めた閾値によらない方法が考えられる。

2. 2. 新手法の概要

新たに提案する手法は、流域雨量指数から計算した流量を理論値として、単位時間あたりの理論値と観測値の差の総量を河道閉塞箇所の湛水量と見なし、湛水量が閾値を超過した場合に河道閉塞の発生を検知する手法(以下、「新手法」という)である(図-1)。流域雨量指数は、気象庁が全国の約20,000河川を対象に、河

川の流路、流域情報、地理情報、土地利用情報に基づいて、降水が河川に入るまでの流出過程と河川に流れ込んだ水が下流に流れ下るまでの流下過程を考慮して、1kmメッシュで任意の地点における流量に相当する値を求め、その平方根を指数としたものである³⁾。

流域雨量指数を2乗し推定した流量に対し、水位観測所で実際に観測した流量が少なくなると、本来流れているべき分が流れていないことになる。新手法はこの両者の差を河道閉塞による湛水量と見なし、検知を試みようとするものである(図-1のハッチング部分)。また、この手法では任意に想定した湛水量を閾値として設定することで、従来手法で課題となっていた確率的な誤検知をなくすることが可能となる。

加えて、従来手法では流量減少率だけで河道閉塞の覚知を試みていたことから、河道閉塞の規模について想定を行うことはできなかった。しかし、新手法では観測時刻毎に湛水量を足し合わせることで、河道閉塞の規模をある程度推定することが可能となることも長所の一つである。

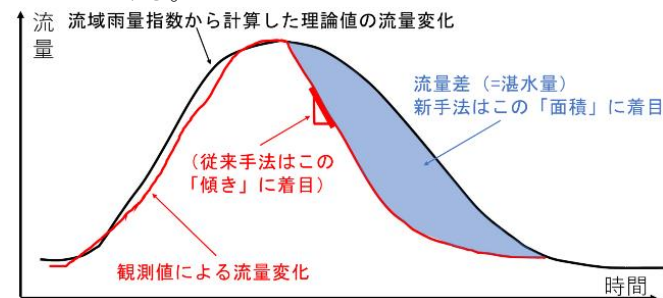


図-1 従来手法と新手法の模式図

2. 3. 従来手法と新手法の違い

理論値と観測値の変化をそれぞれ「大きな上昇」「小さな上昇」「小さな低下」「大きな低下」の4段階に分けると、合計16パターンの流量変化に分けられる。これを元に、従来手法と新手法の違いについて示す。

表-1は16パターンの流量変化と従来手法及び新手法での検知可否を示したもの、図-2は各パターンの流量変化の模式図である。各パターンのうち、従来手法で検知できるのは観測値が減少する8パターン(③, ④, ⑦, ⑧, ⑪, ⑫, ⑮, ⑯)である。一方、新手法は理論値と観測値の差に着目することになることから、観測値の減少時だけでなく、観測値の増加時にも検知を行うことが可能となる(②, ⑤, ⑨, ⑩, ⑬, ⑭)。ただし、理論値と観測値の変化の段階が一致している場合(①, ⑥, ⑪, ⑯)は、観測値の変化が理論値によって想定されているものであることから、自然な流量変化と見なし、検知することはない。また、検知可能なパターンが増えているため、これまで検知していなかった事例を検知する可能性がある。

これらを踏まえ、これまでの誤検知事例がどのパタ

ーンに分類されるのか、また従来手法で検知しなかったが新手法で誤検知してしまう事例があるか検証した。

表-1 従来手法による河道閉塞の検知可否

	理論値	観測値	従来手法検知可否	新手法検知可否
①	大きな上昇	大きな上昇	×	×
②	大きな上昇	小さな上昇	×	○
③	大きな上昇	小さな低下	○	○
④	大きな上昇	大きな低下	○	○
⑤	小さな上昇	大きな上昇	×	○
⑥	小さな上昇	小さな上昇	×	×
⑦	小さな上昇	小さな低下	○	○
⑧	小さな上昇	大きな低下	○	○
⑨	小さな低下	大きな上昇	×	○
⑩	小さな低下	小さな上昇	×	○
⑪	小さな低下	小さな低下	○	×
⑫	小さな低下	大きな低下	○	○
⑬	大きな低下	大きな上昇	×	○
⑭	大きな低下	小さな上昇	×	○
⑮	大きな低下	小さな低下	○	○
⑯	大きな低下	大きな低下	○	×

凡例 - - - 理論値流量変化 — 観測値流量変化

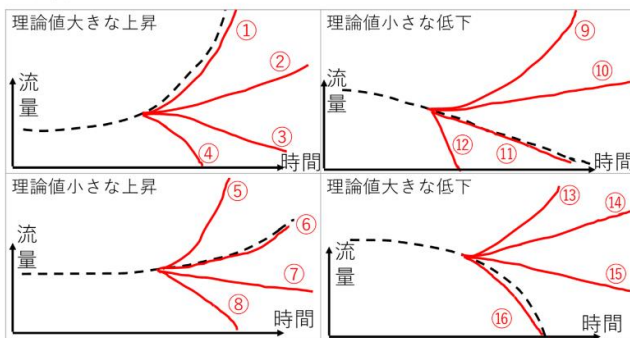


図-2 流量変化による新手法の検知可否の分類

3. 検証方法

従来手法で河道閉塞と誤検知された事例の内、最高水位が大きくまた短期間に複数回検知した31事例を対象に上記の分類を行い、新手法で誤検知を解消できるかを検証した。なお、この31事例では、短時間に複数回検知したものをまとめて1事例としており、回数としては合計で100回誤検知している。

また、誤検知をしていない事例でも、新手法により誤検知となる例がないか確認を行った。

4. 結果・考察

4. 1. 分類結果

表-2 31事例による誤検知時の流量変化の分類

パターン	③	④	⑦	⑧	⑪	⑫	⑮	⑯	合計
誤検知回数	0	4	0	1	39	17	4	35	100

従来手法による誤検知事例を分類した結果、対象とした100回の誤検知中、計74回は新手法では検知されないパターン(表-2の黄セル)になることが分かった。

このパターンは、降雨により流量が増加した後、降水量の減少により流量も減少に転じた場合に発生すると考えられる。表-2で39回発生している⑪は降雨が徐々に弱まっているとき、35回発生している⑯は降雨

が急激に弱まった場合が想定される。今回、対象とした事例ではこの2パターンが70%以上を占めている。

従来手法は急激な流量変化が発生した場合、必ず検知してしまうが、新手法は流域雨量指数で想定される程度の流量変化であれば検知しない。したがって、新手法は、降雨流出過程の実態を反映し、従来手法よりも検知の信頼性が向上した手法になっている。

4. 2. 新手法で新たに誤検知される可能性のある事例

図-3は、水沼橋水位観測所の2019年10月12日の出水による流量変化を示したものである。この出水では、12時前後から18時前後にかけて、観測値が緩やかに上昇している時間帯に理論値が観測値よりも大きく上昇している。

本事例で想定される湛水量は約7万 m^3 であるが、2011年に発生した紀伊半島大水害では湛水量約4万 m^3 の河道閉塞が確認されていることから⁴⁾、本事例は河道閉塞が発生していてもおかしくない湛水量となっている。ただし、実際に水沼橋水位観測所の上流で河道閉塞が発生したという記録は確認できていない。なぜ理論値と観測値に乖離が生じたのか、一般的に生じることなのかこの場所特有の事象なのか等を今後調査する必要がある。

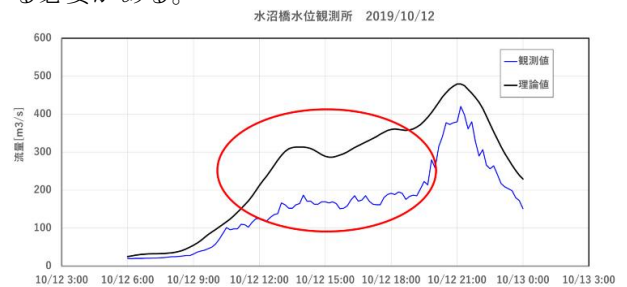


図-3 水沼橋水位観測所 2019年10月12日の出水

5. 結論

提案した新手法は、従来手法で誤検知された事例のうち、観測値の変化が理論値と矛盾しなければ検知しない手法となっており、誤検知の減少につながることが確認された。ただし、新手法であっても新たな誤検知が発生する可能性があるため、引き続き検討を行う。

参考文献

- 1) 蒲原潤一, 内田太郎, 丹羽諭 (2014): 流量観測データを用いた河道閉塞(天然ダム形成)覚知に関するデータの整理・分析の手引き(案) 国総研資料第767号
- 2) 千葉幹, 森俊勇, 内川龍男, 水山高久, 里深好文 (2007): 平成18年台風14号により宮崎県耳川で発生した天然ダムの決壊過程と天然ダムに対する警戒避難のあり方に関する提案 砂防学会誌 Vol.60, No.1, p43-47
- 3) 田中信行, 太田琢磨, 牧原康隆 (2008): 流域雨量指数による洪水警報・注意報の改善 測候時報 Vol.75, No.2, p35-69
- 4) 横山修, 内田太郎, 木下篤彦 (2016): 決壊までの継続時間からみた天然ダムの分類 砂防学会誌 Vol.68, No.6, p14-23