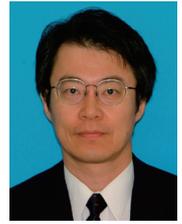


中小河川の治水安全度を早急に把握せよ



中小河川整備状況評価手法検討国総研チーム¹ リーダー 藤田 光一²

1. はじめに

近年、各地で水害が多く発生し、とりわけ局所的な豪雨の影響を受けやすい中小河川における災害の激甚性が目立っている。これは、中小河川の整備水準が未だ低いことを改めて認識させるとともに、激しい雨の増加や雨の降り方の変化などの自然的状況変化や、高齢化に伴う災害対応能力の低下などの社会的状況変化という新たな様相を示すものである。

中小河川の延長は、国が直接管理するような相対的に規模の大きな河川に比べかなり長く、一級水系だけをとっても、都道府県が管理する河川は約77,000kmにも及ぶ。さらに上記の新しい様相を考慮したとき、地域住民の生命・財産を守るという観点から、中小河川の治水が大河川と同等に重要であることは論をまたない。

一方、中小河川については、財政面の制約の厳しさ、上下流・本支川の治水安全度のバランスの考慮などといった状況と折り合いを付けつつ、河川管理者と地域の防災対策を担う関係自治体が一体となって、ハード・ソフト両面から効率的かつ地域にあった治水対策、危機管理などを行うことが求められる。しかし、河道縦横断測量、水位・流量観測等が十分に行われていない延長も多く、流下能力などの基本的情報が不足しているのが実状である。

そこで国総研では「中小河川整備状況評価手法検討国総研チーム」を所内に設置し、本省河川局と連携して、図-1に示す通り、中小河川の流下能力を評価するシステムを開発し、さらに地方整備局等の取り組みと合わせ全国一級水系内の都道府県管理区

間の流下能力評価を並行して早急に行うこととなった。

中小河川の流下能力評価に際しては、前述の基本的データの不足が決定的な隘路となる。このため、ここでは、従来のデータ収集・解析手順にこだわらず、“緊急対応及第点作戦”をとることとした。すなわち、上記の膨大な延長にわたる流下能力評価について、一貫した方法により、治水方針検討に足る必要最低限の精度で、長くても数年で概ね実行可能となるような、安価で効率的かつ簡素な手法の開発を目指すというものである。このための工夫が、次章以降に述べられる。

開発したシステムは、より多くの中小河川で流下能力評価が進むために、また“及第点”の技術的意味を理解した上で評価結果を活用でき、必要に応じてより高得点の評価に進めるために、その技術的詳細を含め一般に公開していく予定である。

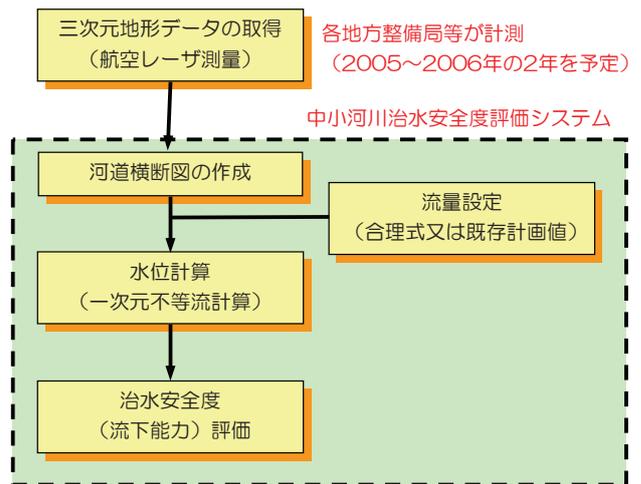


図-1 中小河川治水安全度評価フロー

1 本記事は、以下の体制で鋭意進められている本チームの取り組みの状況を、リーダーが代表して紹介するものであり、内容は全チームメンバー（前メンバーを含む）の貢献による。
スーパーバイザー：河川研究部長 栗城 稔、危機管理技術研究センター長 網木 亮介
前スーパーバイザー：前河川研究部長 猪股 純、前危機管理技術研究センター長 杉浦 信男
チームメンバー：河川研究室 主任研究官 石神 孝之
水害研究室 主任研究官 野仲 典理、研究官 梅村幸一郎、研究員 大谷 周、交流研究員 塚本 賢明
前チームメンバー：前水害研究室 主任研究官 佐々木 淑充、前河川研究室 研究官 川口 広司

2 環境研究部 河川環境研究室長

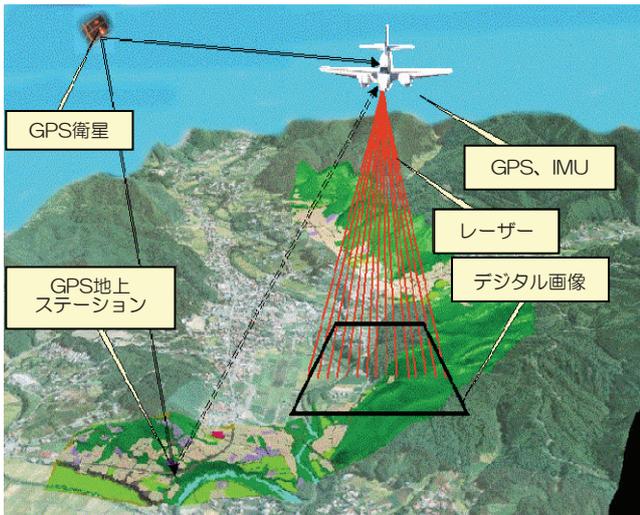


図-2 航空レーザ測量の概念

2. 航空レーザ測量を活用した河道地形データ“空白区”の解消

(1) 航空レーザ測量の活用意義

中小河川においては、整備済み等の限られた区間にしか治水方針検討に使える河道測量成果が無いのが実状である。こうした測量“空白区”を一挙に解消するため、広範囲の地形データを高密度で簡便に取得できる航空レーザ測量を活用する。

航空レーザ測量は、図-2に示す通り、航空機に搭載した航空レーザスキャナから地上に向けてレーザパルスを発射し、反射して戻ってきたレーザパルスを解析することで三次元地形データを取得する技術である。三次元地形データから河道横断形状や氾濫原の地形形状などを得ることが期待されている。

本評価システムにおいては、「航空レーザ測量による河道及び流域の三次元電子地図作成指針（案）平成17年6月 国土交通省河川局」に従い、レーザ計測密度について2mピッチを最低条件とした測量データの存在を前提とした。

(2) 三次元地形データ生成におけるフィルタリング処理の重要性

流下能力評価に使える河道地形データを航空レーザ測量による三次元地形データから得るためには、ノイズ除去した地表面データ（オリジナルデータ）から、流下能力計算にとって邪魔になる様々な除去対象物を取り除き、地盤高データ（グラウンドデー

タ）を作成する必要がある。この過程をフィルタリング処理と呼び、除去対象物とそれを除去するためのフィルタリング法の選定の良し悪しが、精度に大きく影響する。

ここでは、表-1を主な除去対象とし、まず計測範囲の全域を対象にプログラム処理により地表面データを自動フィルタリングにかけ、次に自動フィルタリング後のデータとオルソ画像を見比べて、河川周辺にある除去対象物（構造物や樹木等の地物）を取り除き（手動フィルタリング）、地盤高データを作成することとした。

表-1 主なフィルタリング項目（案）

| | | |
|------|-------|----------------------------------|
| 交通施設 | 道路施設等 | 道路橋（長さ5m以上）、高架橋、横断歩道橋 |
| | 鉄道施設 | 鉄道橋（長さ5m以上）、高架橋（モノレールの高架橋含む）、跨線橋 |
| 植生 | | 樹木、竹林 |

(3) 河道横断図を作成するシステム

簡便かつ機械的に河道横断図を作成できる不整形三角形網モデル（Triangulated Irregular Network：TIN）を採用し、図-3のように、河道中心線に直交する任意の横断測線上の標高を、レーザデータから作成された三角形網より自動的に得るシステムを作った。

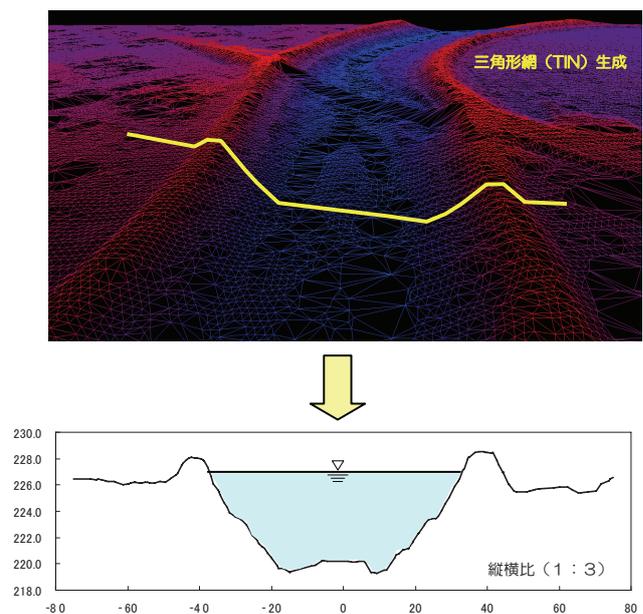


図-3 TINデータから河道横断図を作成

(4) 河道横断図データの精度を上げるための配慮

以上の河道横断図取得においては、航空レーザ測量自身の誤差（計測機器や計測実施条件等に依存するが、概ね水平精度±30cm、鉛直精度±15cm）以外に、河道横断図作成過程において次の4つの誤差が考えられる。

- ・レーザデータの空間分解能による誤差
- ・TINデータからの内挿補間による誤差
- ・地物のフィルタリングによる誤差
- ・水面下を計測できないことによる誤差

これらの誤差を小さくするために、植生の影響を受けにくい冬季計測を主体にすることや、河道横断測量が実施されている場合はその測量断面を用いて精度チェックや補正・補完を行うことなどを考えていく。

3. 詳細な河川計画の検討が行われていない河川における流量および水位計算の方法

(1) 基本的な考え方

河川整備基本方針、河川整備計画、全体計画等を通じて、確率規模別流量や水位の計算に必要なモデルとそこで使われる水文・水理パラメータの検討が実測データなどにに基づき行われている河川であれば、その結果の利用が有力な選択肢となる。しかし中小河川の場合、そうした状況にないことの方が多く、詳細な河川計画検討の実績がデータも含め無い場合の流量および水位計算が中小河川ならではの大きな課題となる。

ここでは、やはり“及第点作戦”に則り、簡便な計算式を、実測値を用いた定数同定を前提とせずに適用することとした。その先、必要に応じてより詳細な検討を個々に行うにしても、中小河川の流下能力計算が全国で共通的に実施できる最低限の基盤をまず早急に作るべきと考えたのである。

具体的には、アメダス雨量データに基づき統一的方法で作られた全国各地の降雨強度式と合理式による確率規模別流量の計算、簡素な一次元不等流計算である。なお、流域内にダム等の洪水調節施設がある場合は、最大放流量をダム下流に与えるなど

して、その効果を別途反映させて行く。

(2) 降雨強度 r

独立行政法人土木研究所が開発した「アメダス確率降雨計算プログラム」(http://www.pwri.go.jp/jpn/tech_inf/amedas/top.htm)を用いる。このプログラムは、全国の気象庁アメダス観測点の約1300地点のうち748地点について、1971年～2000年までの雨量データを基に、下に示す降雨強度式(Fair式)を作成したものである。

$$r_t^T = \frac{bT^m}{(t+a)^n}$$

ここで、 r_t^T : T年 t 継続時間確率降雨量(mm/hr)、 T : 確率年(年)、 t : 降雨継続時間(hr)、 a, b, m, n : Fair式パラメータ、である。なお、 t には、合理式における洪水到達時間を与える。

(3) 合理式における流出係数 f と洪水到達時間 t

下に示す合理式で用いる流出係数 f は、土地利用区分ごとの流出係数の加重平均(各区分の面積に関する)とし、「河川砂防技術基準」を参考に山地を0.7、平地を0.8と置いた。山地、平地それぞれの面積は河川現況調査から得る。

$$Q_p = \frac{1}{3.6} frA$$

ここで、 Q_p : 洪水ピーク流量(m^3/s)、 f : 流出係数、 r : 洪水到達時間内の雨量強度(mm/h)、 A : 流域面積(km^2)、である。洪水到達時間の計算にはクラーク式・角屋式・土研式のいずれか適切な手法を用いることとした。

(4) 一次元不等流計算と粗度係数 n

河床材料や河道内樹木群をはじめとする河道の詳細な状況や複雑な洪水流特性を相当程度反映できる水位計算手法も実用化されているが、そうした手法を踏襲しようとする、データ取得だけで非常に長い時間を要してしまう。そのため、前述の航空レーザ測量の特長を最大限活かせるように、河道断面に1つの合成粗度係数を用いる一次元不等流計算により、粗度係数を各区分で与えれば、前述の河道横断データから水位計算がそのまま行えるようにした。ただし、中小河川には急勾配も多いので、必要に応じ、常射流混在の計算もできるようにしている。

この場合において、河道の全ての要素を包含した粗度係数の与え方が大切になる。そこで、中小規模でも粗度係数が実測値等から詳細に検討されている58河川を対象に、粗度係数の傾向を分析し、中小河川の合成粗度係数として代表的な値を見だし、これを軸に水位計算を行うこととした。

4. 治水安全度（流下能力）などの表現

図-4のような水位計算結果から流下能力を評価し、図-5及び6のような河川毎・市町村毎・都道府県毎等の治水安全度評価図を作成していく予定である。堤防の評価高については、余裕高の考え方等、直轄河川における考え方との整合性を図りつつ、より分かりやすい評価の表示方法と合わせて、今後、各地方整備局や河川事務所等の現場からの意見聴取を行い、それを反映して決定していく。

5. おわりに

現在、各地方整備局等において全国の一級水系（109水系）の航空レーザ測量を鋭意実施しているところである。今後、順次国総研へレーザ測量成果が提供され、本治水安全度評価システムを用いて早急に中小河川の治水安全度評価を実施することとしている。

本検討の成果が、中小河川の治水安全度に関するより客観的で正確な認識の醸成に貢献し、近年の厳しい財政状況等の中でも、様々な技術や工夫を通じて、中小河川が流れる地域における水害リスクの着実な低減やより実効的な危機管理の実施につながっていくことを期待するものである。

| 河川名 | 計算延長 | 確率規模 | 確率雨量 | 確率流量 | 流下能力満足延長割合 | |
|-------|-------|------|------------|----------------------|------------|-----|
| | | | | | 左岸 | 右岸 |
| A水系B川 | 8.6km | 1/10 | 46.7mm/60分 | 400m ³ /s | 78% | 85% |

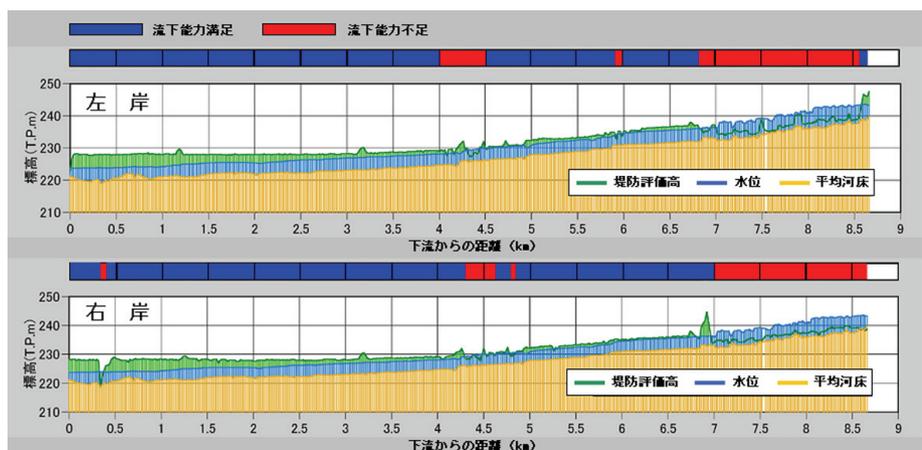


図-4 水位と堤防評価高の関係の表現※

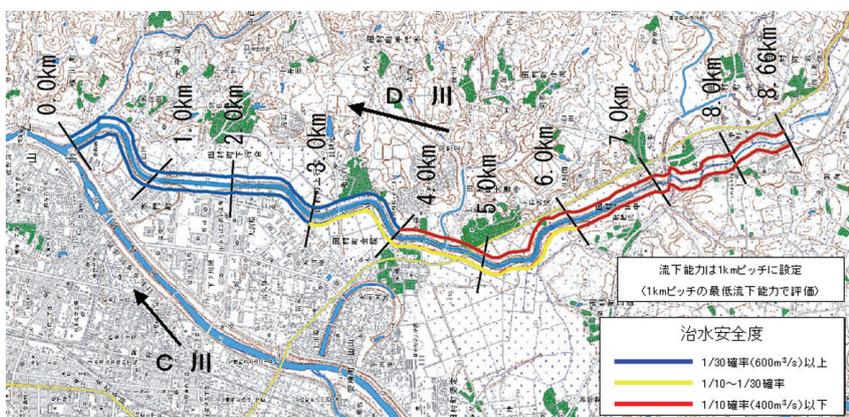


図-5 河川平面図上での治水安全度評価結果の表現※

※図-4～6はあくまでイメージで、実際のものではありません。

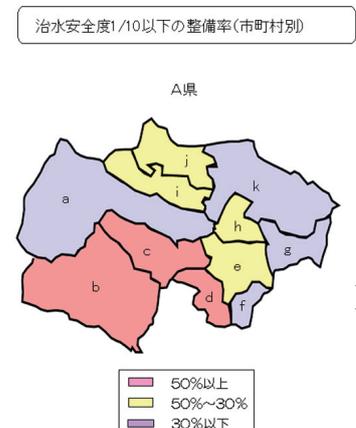


図-6 地方自治体ごとの整備状況の表現※