

◆特集：自然災害リスクの評価と軽減◆

河川の整備状況評価の中小河川を含む水系全体への展開

野仲典理* 藤田光一** 石神孝之***

1. はじめに

近年、局所的な集中豪雨や度重なる台風の上陸により、全国各地で甚大な災害が発生している。これらは、未だ災害に対する施設の整備水準が低いことも大きな要因であるが、近年の激しい雨の増加や雨の降り方などの自然的状況の変化に加えて、少子高齢化などの社会的状況の変化に伴う地域防災力の低下及び災害時要援護者の増加などに起因した新たな災害の様相を呈するものでもある¹⁾。

こうした状況の中、財政面の制約の厳しさ、上下流・本支川の治水安全度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、地域の防災対策を担う関係自治体、さらには地域住民が一体となって、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一層求められている¹⁾。

そのためには、流下能力等のデータに基づいた河川の整備状況を中小河川を含む水系全体で評価し、その結果を地域にわかりやすく示し、治水安全度を地域がよく理解できる状況を作ることが必要である（例えば4. に示す図-6、p.2のグラビア2. など）。

本報文では、本省河川局及び各地方整備局等と連携・推進している中小河川を含む一級水系全体の河川整備状況評価の取り組みについて紹介する。

なお、この取り組みによって以下のような施策効果が期待できる。

1.1 効率的・効果的な治水対策の推進

整備途上にある治水対策について、上下流・本支川における治水安全度のバランスの整合を図りつつ、河川管理者等が計画的・効率的に事業を実施する。

1.2 災害発生時における実効的な危機管理の実現

現状の洪水氾濫危険箇所等を把握し、適切な危

機管理対応が可能となるよう、自治体等が現在の水防計画等の見直し・拡充を図る。

1.3 住民等の危機管理意識の向上

地域住民等が、各河川の整備状況を理解し、日頃から災害に備え、災害発生時に自助・共助などの適切な対応を取ることのできる状況をつくる。

2. 水系全体の河川整備状況評価のためのポイント

国が管理するような相対的に規模の大きな河川では、定期的な河道の縦横断測量成果が存在し、水位・流量観測等も経年的に実施されている。そして、これら各種測量・観測データを基に流量計算や水位計算を行うための計算モデル定数の検証が十分になされており、精度の高い流下能力評価が実施されている。従って、国の管理区間²⁾（約10,000km）については、既存の流下能力評価結果を今回の水系全体の河川整備状況評価に使用することとし、各地方整備局等から評価結果に係る堤防高および確率規模別水位の縦断データ一覧を収集することとしている（図-1左側）。

一方、中小河川では、一級水系だけをとり、都道府県が管理する区間延長²⁾は約77,000kmにも及ぶ。しかも、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、基本的な情報が不足しているのが実状である。

中小河川の流下能力評価に際しては、こ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”をとることにした。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³⁾。

そこで、航空レーザ測量により⁴⁾ 全国一級水系の中小河川の三次元地形データを2005～2006年

Understanding Flood Safety Level in River Basins including Small and Medium Waterways

の概ね2カ年で各地方整備局が取得するとともに、国土技術政策総合研究所（以後、「国総研」と呼ぶ）が中小河川治水安全度評価システムを開発し、簡便な流出計算及び水位計算手法を用いて全国同一の尺度を用いた治水安全度評価を行うこととしている。

まず初めに国総研において一次評価を実施し、その評価結果について河川管理者である都道府県と国総研で確認と修正を繰り返した後、国の管理区間と合わせて水系全体の治水安全度評価結果として一般に公表する予定である（図-1右側）。

なお、開発した評価システムは、二級河川等も含めてより多くの中小河川で流下能力評価が進められるために、また“及第点”レベルの簡易な解析手法を用いていることを理解した上で評価結果を活用し、必要に応じてより高得点（高精度）の評価を行ってもらうために、その解析手法の内容を含め一般に公開していく予定である。

次章に、中小河川の治水安全度評価の内容について説明する。

3. 中小河川の治水安全度の把握

3.1 河道地形データ“空白区”の解消

3.1.1 航空レーザ測量の活用の意義

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

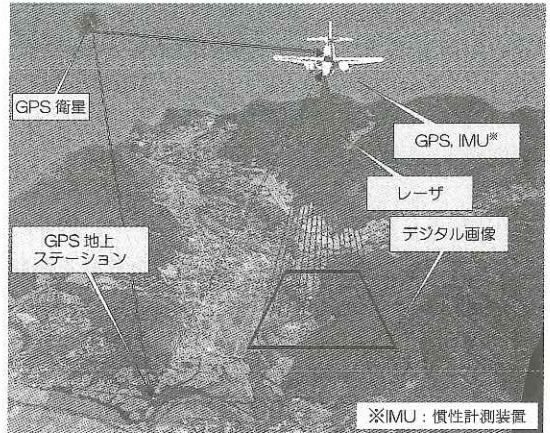


図-2 航空レーザ測量の概念

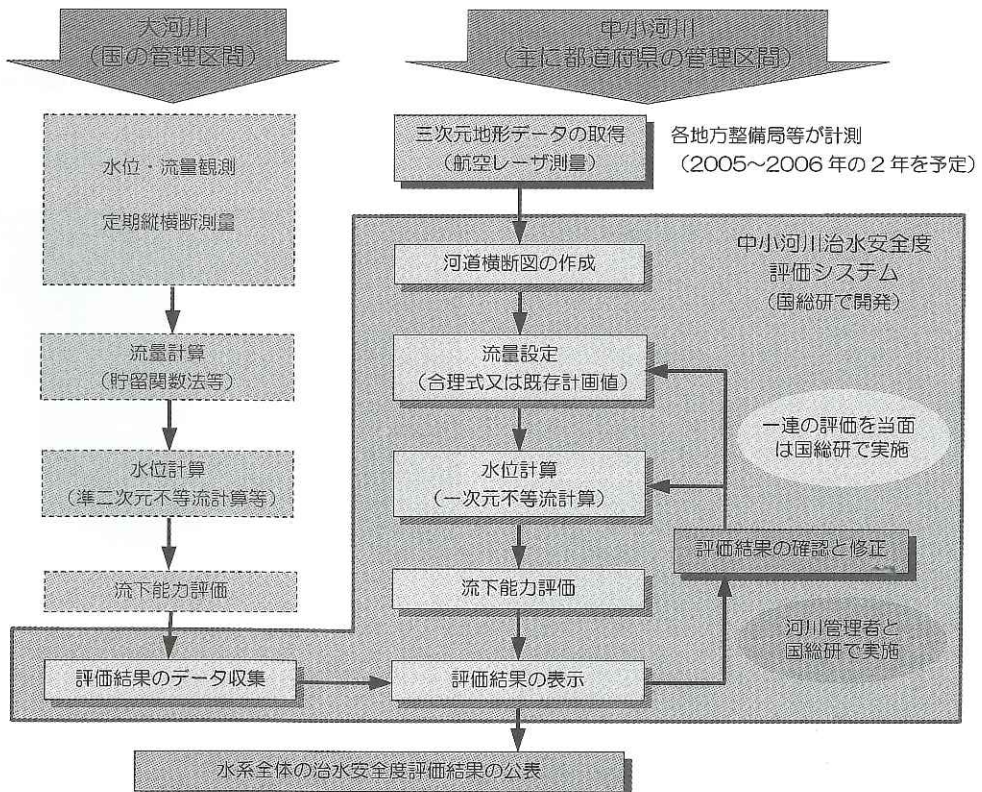


図-1 一級水系の河川整備状況評価フロー

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⁴⁾。

航空レーザ測量は、図-2に示すとおり、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面形状や氾濫原の地形形状などを得ることができる。

3.1.2 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⁵⁾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を主な除去対象物とし、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る。

次に自動フィルタリング後のデータとオルソフォト（航空写真）を見比べながら、河川周辺にある除去対象物の取り除きの過不足（橋梁や樹木の取り残し、堤防の消失など）について、人的に詳細処理（手動フィルタリング）を行い、流下能力計算に必要な地盤高データを作成することとしている（図-3）。

3.1.3 河道横断面図を作成するシステム

簡便かつ機械的に河道横断面図を作成できる不整

表-1 主なフィルタリング項目

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

	橋梁部	樹木部
オルソフォト (航空写真)		
オリジナルデータ (陰影彩色図)		
グラウンドデータ (陰影彩色図)	自動フィルタリング	
	手動フィルタリング	

図-3 フィルタリング処理の過程

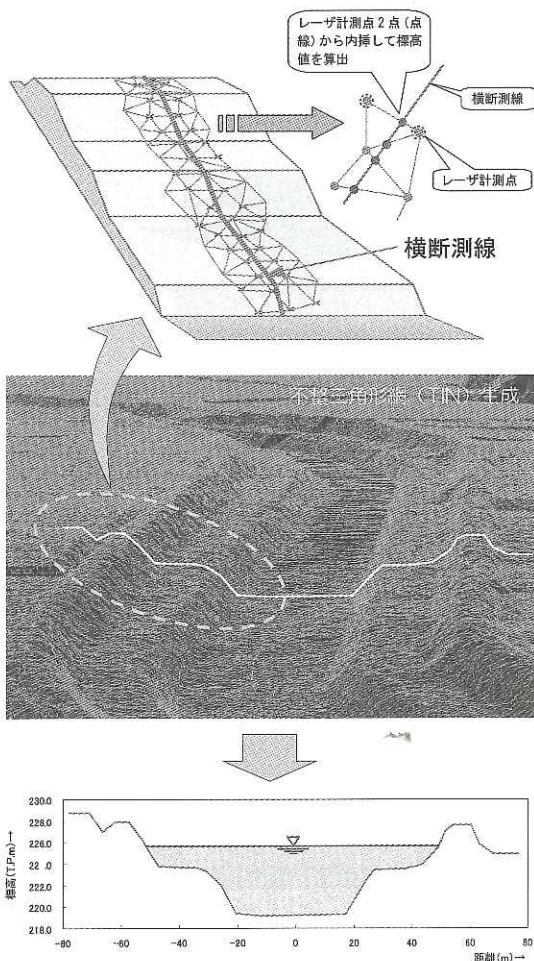


図-4 TINによる河道横断面図作成

三角形網モデル (Triangulated Irregular Network : TIN) ⁵⁾ を採用し、図-4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開発している。

3.1.4 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、航空レーザ測量自体の誤差⁶⁾ (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。

3.2 流量および水位計算の方法

3.2.1 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法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および次元不等流計算といった簡便な解析手法を採用する。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。

3.2.2 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1,300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(フェア式)を作成したものである。

$$r_t^T = \frac{bT^m}{(t+a)^n} \quad (1)$$

ここで、 r_t^T : T 年 t 継続時間確率降雨強度(mm/hr)、 T : 確率年(年)、 t : 降雨継続時間(hr)、 a, b, m, n : フェア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。

3.2.3 合理式の流出係数 f と洪水到達時間 t

下記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⁷⁾」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。

$$Q_P = \frac{1}{3.6} f r A \quad (2)$$

ここで、 Q_P : 洪水ピーク流量 (m^3/s)、 f : 流出係数、 r : 洪水到達時間内の降雨強度 (mm/hr)、 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ヘン式・角屋式・土研式⁸⁾のいずれか適切な手法を用いることとした。

3.2.4 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区分間も多いので、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(河床材料、河道断面形状など)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河川を対象にした場合、平均的な合成粗度係数として $n = 0.033$ が得られたことから、この値を標準として水位計算を行うこととした。

4. 河川整備状況などの表現

河川の整備状況の評価結果は、河川管理者だけ

でなく防災対策を担う地方自治体や災害発生時の自助・共助の主体となるべき地域住民といった情報の受け手にとってわかりやすいものとするべきである。そこで、わかりやすい用語と必要に応じて解説も交えながら理解しやすい表示方法を考えていきたい。

例えば、最も基本的な評価図として図-5に示すような水位と堤防縦断による流下能力評価図を

河川名	計算延長	確率規模	確率雨量	確率流量	流下能力不足延長割合	
					左岸	右岸
A水系B川	8.6km	10年に1回程度	47mm/60分	400m ³ /s	22%	15%

(割合が高いほど危険です)

注)あくまでもイメージで実際のものではありません。

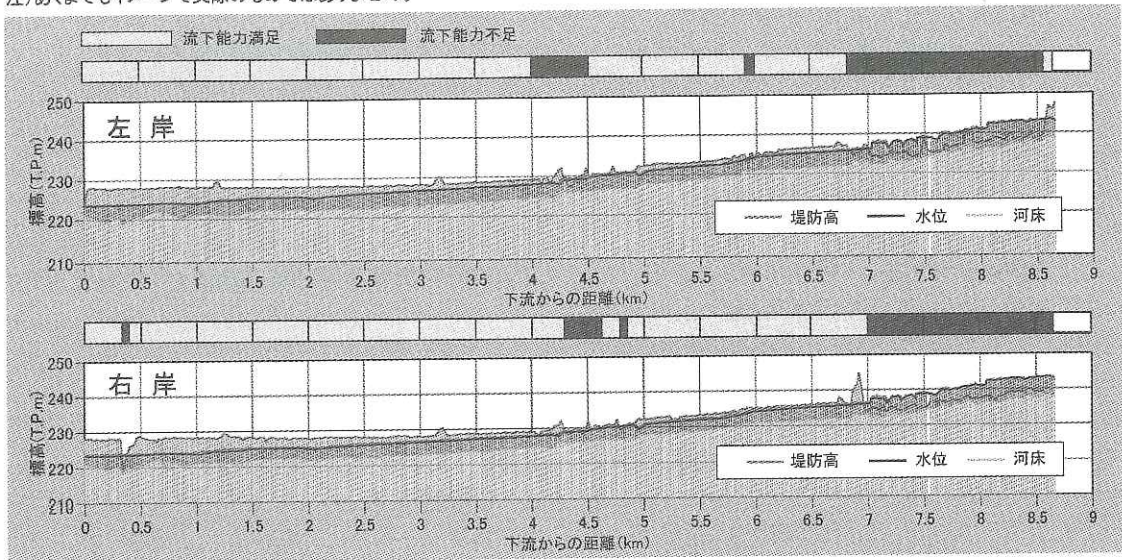
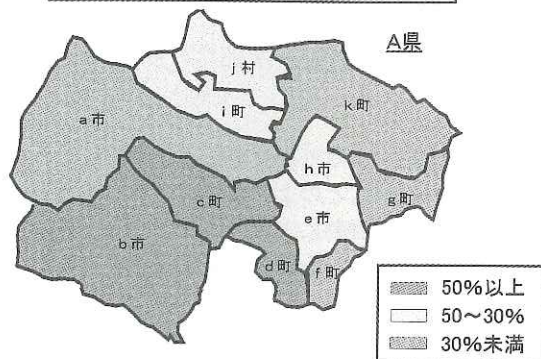


図-5 水位と堤防高の関係の表現^{注)}



図-6 河川平面図上での治水安全度評価結果の表現^{注)}

10年に一度あるかないかの大雨に対する
河川整備がなされていない区間の割合
(割合が高いほど危険です)



注)あくまでもイメージで実際のものではありません。
図-7 地方自治体ごとの整備状況の表現^{注)}

作成したり、よりわかりやすい平面的な表示方法として図-6やp.2のグラビア2. に示した航空写真上や数値地図上に治水安全度評価結果を記載することを考えている。さらに、上述のような河川毎、水系毎の表示だけでなく、図-7に示すような市町村毎、都道府県毎といった地方自治体単位での河川の整備状況を表示するなど、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、それを反映させて様々な表現方法を決定していく予定である。

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、国総研へ三次元地形データが順次提供され、国総研が開発した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、中小河川を含む水系全体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の中でも、様々な技術や工夫を通じて、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現さらに住民等の危機管理意識の向上につながっていくことを期待するものである。

参考文献

- 1) 社会資本整備審議会河川分科会、豪雨災害対策総合政策委員会：総合的な豪雨災害対策の推進について

(提言)、pp.1-4, 2005.4

- 2) (社)日本河川協会：2005河川ハンドブック、pp.220-221, 2005.9
- 3) 藤田光一：中小河川の治水安全度を早急に把握せよ、国総研アニュアルレポート2006、pp.12-15, 2006.3
- 4) 国土交通省河川局：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)、pp.1-10, 2005.6
- 5) (財)日本測量調査技術協会：《図解》航空測量ハンドブック、pp.59-65, 2004.1
- 6) 今井靖晃、瀬戸島政博、山岸 裕、藤原宣夫：解像度の異なるLIDARデータによる都市内樹林の受講計測特性、測量、Vol.55, No.2, pp.28-32, 2005.2
- 7) 国土交通省河川局監修、(社)日本河川協会編：国土交通省河川砂防技術基準 同解説 計画編、pp.35, 2005.11
- 8) 中小河川計画検討会：中小河川計画の手引き(案)～洪水防御計画を中心として～、pp.3-37, 1999.9

野仲典理*



国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター
水害研究室主任研究官
Tenri NONAKA

藤田光一**



国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部河川環境研究室長(中小河川整備状況評価手法検討国総研チームリーダー)
Koh-ichi FUJITA

石神孝之***



国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部河川研究室主任研究官
Takayuki ISHIGAMI

※本報文は、中小河川整備状況評価手法検討国総研チーム(H17.3設置)の取り組みについて、3研究室の代表者が紹介するものである。その他のメンバーを以下に示す。

スーパーバイザー：	河川研究部長	大平一典
	危機管理技術研究センター長	綱木亮介
前 スーパーバイザー：	前 河川研究部長	栗城 稔
	元 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：	水害研究室研究員	大谷 周
	水害研究室交流研究員	大塚守雄
前 チームメンバー：	前 河川研究室研究員	川口広司
	前 水害研究室主任研究員	佐々木淑充
	前 水害研究室研究員	梅村幸一郎
	前 水害研究室交流研究員	塚本賢明