

# 河川定期横断測量へのレーザプロファイラの適用可能性と今後の展望

今井龍一・松井 晋・中村圭吾・重高浩一

## 1. はじめに

河川の管理対象は広範囲であり、河川法が適用される河川のうち、国が管理する直轄管理区間に限っても約10,000kmに及ぶ<sup>1)</sup>。

河川管理者（直轄管理区間）は、河川管理の多様な用途に応じられるように、3～5年の頻度で定期縦横断測量を実施して縦断図や横断図を調製している。このうち横断図は、200m毎の距離杭を対象に測量機器（レベル等）を据え付けて、例えば天端面と法面のそれぞれの面に測量用ポールをあてて、そのポールが交差する点（実在しない特徴点）を天端と法面の境界となる断面変化点として計測して調製されている。また、距離杭間のある箇所の変状は、近接する横断図を代用したり、距離杭位置の計測値から断面を推定して横断図を調製したりして把握している。したがって、既存の横断図は、定期縦横断測量の要領策定当時の計測技術に基づき、必要最小限の計測労力で最大の効果を享受できる調製（表記）方法を採用しており、計測技術と表記基準との均衡が図られている。ただし、災害時のような変状の大きい場合は、近接する横断図の代用が難しく、機動的な復旧対策を行う際の阻害要因となることもある。

一方、測量技術の進展に着目すると、航空レーザ測量は、平成17年頃から普及しはじめ、平成20年には公共測量作業規程（以下、「作業規程」という。）にも採用されている。国土交通省河川局（現在の水管理・国土保全局）では、平成17年度から航空レーザ測量の成果であるレーザプロファイラ（以下、「LP」という。）を中小河川の治水安全度評価等へ本格的に活用している<sup>2)</sup>。平成24年には高精度な数値標高データを一般公開し<sup>3)</sup>、改定された河川砂防技術基準（調査編）ではLPの活用の重要性が明記されている<sup>4)</sup>。さらに、ALB（Airborne Laser Bathymetry）を用いた水中の河床等の地形を対象にした計測技術の開発も進められている<sup>5)</sup>。このようなLPの技術革新を見据えると、近い将来、

水中部を含めた河川全体の地形を高密度な点の集合体として計測することが可能となり、これによる河川管理の高度化は、私たちの安心・安全で豊かな生活を支えるうえで極めて重大である。

現在のLPは、陸部を対象に計測された点の集合体だが、平成17年度のときのLPと比してレーザ発射パルスが10倍も向上しており、河川管理の多様な場面での活用が期待され、定期縦横断測量の横断図の調製への適用も有力な活用候補である。現行の技術レベルで計測されたLPであれば、要求精度の高い河川定期縦横断測量業務実施要領・同解説（以下、本文では「要領」という。）に準じた横断図を調製できる可能性がある。

そこで著者らは、LPを用いた河川定期縦横断測量成果の横断図の調製可能性を検証した。本稿は、この検証結果および考察の報告である。

## 2. 検証方法

LPを用いた河川定期横断測量の横断図の調製可能性は、平成24年度の定期縦横断測量成果と平成25年度の航空レーザ測量成果のLPとを用いて図-1に示す手順で検証した。

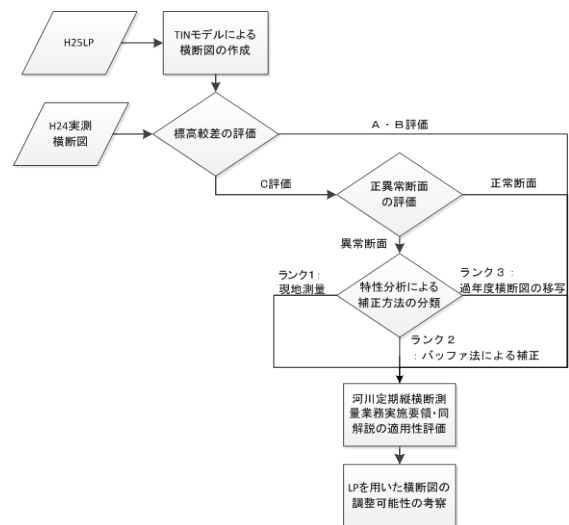


図-1 検証手順

検証対象とする断面は、9水系（手塩川、赤川、富士川、黒部川、手取川、梯川、大和川、千代川、川内川）の定期横断測量約3,000断面のうち、セグメント（上流・中流・下流）、堤防や高水敷等の形

状特性を踏まえた300断面とした。図-1の各手順の内容を以下に示す。

2.1 TINモデル<sup>※</sup>による横断面の作成

まず、LPを用いて定期横断測量を実施した箇所(距離杭)を対象に横断測線を作成する。横断面は、中小河川の治水安全度評価と同様の作成方法<sup>6)</sup>を採用し、陸部を対象としたLPから生成したTIN(Triangulated Irregular Network)モデルを用いて算出した横断測線上の標高値から、オリジナルデータ<sup>※</sup>、グラウンドデータ<sup>※</sup>、0.5mメッシュデータ<sup>※</sup>および1mメッシュデータ<sup>※</sup>を用いてLPによる4種類の横断面を調製する。

2.2 標高較差の評価

標高較差は、4種類の横断面と定期横断測量成果の横断面(以下、「実測横断面」という。)とを重ね合わせて評価する。検証点は、図-2に示す流下能力の評価等に必要断面変化点(10点)とし、図-3のように実測横断面の検証点から垂線を引いて、LPとの交差箇所から較差を算出する。そして、検証点(10点)の標高差の標準偏差が15cm以内をA、15~30cmをB、30cm以上をCとして評価する。

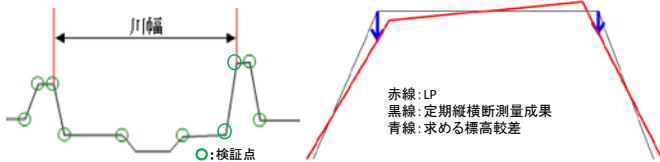


図-2 較差の検証点 図-3 標高較差の算出

2.3 正異常断面の評価

A評価およびB評価となった横断面はそのまま横断面として利用可能な正常断面とする。一方、C評価となった横断面は、検証点近傍にレーザが照射されていないことが要因となっている可能性があるため、検証点の近接を含む定性的な目視により断面形状を再評価し、異常断面を判定する。再評価の結果、C評価のうち、形状が定性的に一致していると判断された横断面は正常断面とする。

2.4 特性分析による補正方法の分類

異常断面と判定した横断面は、植生等の影響を受けたり、構造物の隅角部を計測できていなかったりすることが要因として考えられる。要因によっては、補正により横断面を調製できる可能性がある。このため、異常断面の特性を踏まえて次の補正方法のランクに分類する。

- ・ランク1：植生等の影響が著しく、形状が判読できない場合は、実測で横断面を調製する。

- ・ランク2：横断測線の近傍のLPの計測点を用いて横断面を調製する(バッファ法<sup>※</sup>による補正)。
- ・ランク3：経年変化のない構造物は実測横断面から移写して横断面を調製する。

2.5 河川定期縦横断測量業務実施要領・同解説の適用性の評価

LPを用いて調製した横断面が要領の要求精度を満足しているかを検証する。検証方法は、要領の要求精度の規定「 $2cm + 5cm\sqrt{L(m)/100}$ 」に準じて値を算出し、LPを用いて調製した横断面と実測横断面との標高較差とを図-2に示す検証点(10点)で評価する。なお、要求精度の「 $L(m)$ 」は、左右岸の距離標を起点とした地形変化点までの水平距離を指す。

次に、今回の検証では、2.2節の評価に加え、LPの特長を活かした評価手法を検証する。実測横断面は、断面変化点を対象として測量し、河川の各部位を直線や折れ線で表現しているが、地形の変化点の角は厳密には現地の地形と異なっている。一方、LPは形状を面的に計測した点の集合体であり、地形の変化点を計測できていない可能性がある。このため、本検証では、0.5mメッシュデータから調製した横断面と実測横断面とを用いて、実測横断面を正解データとして河川の部位毎に50cm間隔で標高較差を比較して評価する(図-4)。

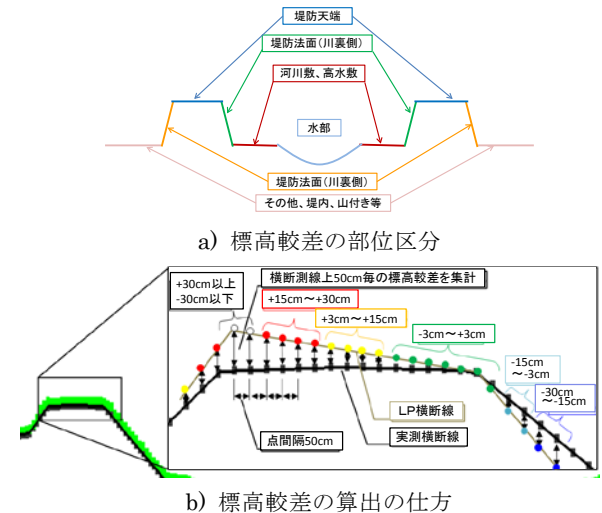


図-4 LPの特長を活かした評価手法

2.6 LPを用いた横断面の調製可能性の考察

本検証結果を踏まえ、LPを用いた横断面の調製可能性を考察する。

3. 検証結果

本章は、「2.2 標高較差の評価」以降の実施結果

※土木用語解説：TINモデル、オリジナルデータ、グラウンドデータ、メッシュデータ、メッシュサイズと0.5m(1.0m)メッシュデータ、バッファ法

を述べる。

### 3.1 標高較差の評価結果

オリジナルデータ以外の検証断面の標高較差は、樹木等の不要な点群を除去していることからA・B評価が多くなった。メッシュサイズが大きくなると横断測線上の検証点の正確な再現が困難となり、1.0mメッシュの方が0.5mメッシュよりもB・C評価が多くなった(表-1)。

表-1 全検証断面の標高較差の評価結果

ランク	断面数(割合%)			
	①オリジナル	②グラウンド	③0.5mメッシュ	④1.0mメッシュ
A	46 (15%)	116 (39%)	112 (37%)	94 (31%)
B	47 (16%)	116 (39%)	120 (40%)	134 (45%)
C	207 (69%)	68 (23%)	68 (23%)	72 (24%)
計	300	300	300	300

### 3.2 正異常断面の評価結果

表-1(②, ③)より、最大で全断面のうち232断面がA・B評価の正常断面となり、LPを用いて調製した横断面の大半は実測横断面と同様の形状を表現できる。一方、C評価の断面は検証点の較差が30cm以上あるが、グラウンドデータや0.5mメッシュデータの横断面を目視で確認した結果、68断面のうち10断面は実測横断面とLPとの形状が定性的に一致(図-5)していたため、正常断面とした。評価結果は、正常断面は約80%、異常断面は約20%となった。

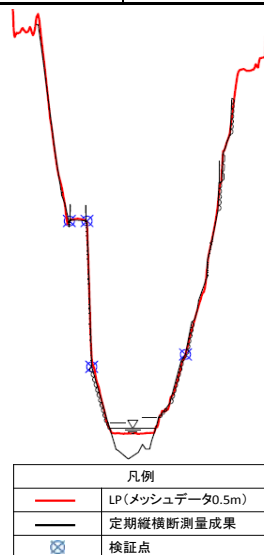


図-5 実測横断面およびLPの照合結果(大和川)

### 3.3 特性分析による補正方法の分類結果

異常断面と判定された58断面は、LPでは構造物の隅角部やオーバーハング箇所では照射できなかつたり、植生の繁茂箇所の地形をとらえられなかつたりすることが主要因となっていた。異常断面の補正方法の分類結果は、ランク1は4断面、ランク2は42断面、ランク3は12断面となった。ランク1・2は、植生の影響を受けて地表面の計測精度が低下している断面が多かった。ランク3は、構造物の隅角部が計測できていない断面が多かった。

本検証では、2.4で述べたランク2・3のケーススタディを実施した。ランク2のバッファ法では、横断測線の川上・川下(縦断方向)5m程度の点群を

用いると、法尻等の形状が判読可能で、実測横断面とも形状が概ね一致した。ランク3の実測横断面からの移写による補正は、横断測線の川上・川下(縦断方向)1m程度の点群やオルソ画像を用いて構造物の経年変化がないことを確認の上、移写した。

### 3.4 河川定期縦横断測量業務実施要領・同解説の適用性の評価結果

要領の精度規定は、A評価よりも要求精度が高くなる検証点が多いことから、要領に則した検証点10点における評価の結果は、規定を満足する断面が2割強となった。図-6は、LPの特長を踏まえ、0.5mメッシュデータから調製した横断面および実測横断面を用いて、図-4の部位毎における50cm間隔での標高較差の評価結果を示している。部位毎に較差7~28cmと差が生じており、堤防天端、裸地、堤防法面(表・裏)、草、樹木の順に精度が低くなる傾向が見られた。一番高い要求精度を求められる堤防天端は、要求精度を満足した。



図-6 各部位毎の実測横断面とLPとの較差結果(50cm間隔)

### 3.5 LPを用いた横断面の調製可能性の考察

本節は、検証結果を基に、LPによる河川定期縦横断測量成果の横断面の調製可能性を考察する。

- (1) 今回の計測時期の差が1年の実測横断面とLPを用いた検証では、LPを用いると陸部の9割以上が実測を伴わずに表現できることが確認された。一方、3~5年の頻度で実施される定期縦横断測量の効率化の可能性を明らかにするには、本検証に用いた実測横断面より1時期前の実測横断面とLPとを用いて横断面を調製し、本検証に用いた実測横断面と照合分析して精度面も含めて検証する必要がある。LPおよび過年度の実測横断面を用いた横断面の調製が有効である結果が得られると、定期縦横断測量における実測作業の省力化が期待できる。
- (2) 実測横断面は、標高精度は高いが直線や折れ線により河川形状を表現しているため、厳密には現地の地形とは異なっている。一方、LPは形状を面的に計測した点の集合体であるため、現実に近い地形を表現できるが、標高精度は実測

と比べると劣る。しかし、LPの標高は、実測の標高値を用いることで補正ができる。その具体的な一案として、3級水準測量精度の縦断測量成果の標高を用いてLPの標高を補正することが考えられる。加えて、LPの特長を活かした表記基準や精度評価方法の検討も必要である。

(3) 実測横断図は、流下能力評価等に用いられている。現行の技術で取得されたLPでは要領の精度規定に則した横断図の調製が難しいが、横断図とLPの両方を用いることにより、各用途における精度向上が期待される。このため、LPを用いて調製した横断図およびLPの両方を用いて各用途への有効性を検証し、現行の実測横断図のみの利用よりも発現効果が期待される場合は、要領の改定に向けた検討も考えられる。

#### 4. おわりに

現在のLPは、平成17年度に用いたLPよりも高密度化および高精度化しており、河川管理の多様な場面での活用が期待される。活用場面の1つとして、定期縦断測量の横断図の調製に着目し、LPが現行の要領の要求精度を満足できるか検証した。その結果、LPを用いて横断図を調製することは可能だが、要求精度を満足するのは難しいことがわかった。しかし、精度の隔たりは大きいものではなく、補正手法や表記基準および精度評価方法の確立により対処できる可能性がある。また、LPを用いて調製した横断図とLPとを河川管理の各場面で利用することで、様々な発現効果が期待できる。本稿に関連した高度化への取り組みとして、国土技術政策総合研究所では、LP等の既存資源を活用した3次元CADデータの自動生成・活用技術を研究している<sup>7)</sup>。同技術は、定期横断測量に準じた横断図の調製も可能

であり、その精度は今回の検証と同等の結果を得ている。また、LP以外の点群データも扱えるうえ、任意断面の横断図も調製できるため、平常時に加え、災害時における現状把握の活用にも期待される。今後は、本検証による定量的な結果を受けて取り組むべき課題を踏まえ、引き続きLPの特長を活かした河川管理の高度化技術の開発に取り組んでいきたい。

#### 謝 辞

本検証の遂行にあたり、水管理・国土保全局河川計画課河川情報企画室の赤島義徳係長、公益財団法人日本測量調査技術協会および田中成典先生をはじめとした関西大学の方々には多大なご協力を賜った。ここに記して謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全：統計・調査結果、<[http://www.mlit.go.jp/river/toukei\\_chousa/kasen/jiten/toukei/birn83p.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kasen/jiten/toukei/birn83p.pdf)> (入手2015.4.13)
- 2) 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、国土交通省国土技術政策総合研究所、pp.12~15、2006
- 3) 国土交通省：高精度な数値標高データの公開についてー各地の津波被害予測等の高度化に期待ー、<[http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03\\_hh\\_000481.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_000481.html)> (入手2015.4.13)
- 4) 国土交通省水管理・国土保全局：河川砂防技術基準調査編、2012
- 5) 岡部貴之、坂下裕明、小澤淳真、下村博之、蒲恒太郎、宮作尚宏、川村裕、浅沼市男：ALBの河川縦断測量への適用性の研究、河川技術論文集、第20巻、pp.55~60、土木学会、2014
- 6) 国土交通省国土技術政策総合研究所：航空レーザ測量を活用した治水安全度評価、<<http://www.nilim.go.jp/lab/rcg/newhp/seika.files/lp/abst.html>> (入手2015.4.13)
- 7) 例えば、田中成典、今井龍一、中村健二、川野浩平：点群座標データを用いた3次元モデルの自動生成に関する研究、知能と情報（日本知能情報フェジ学会誌）、Vol.23、No.4、pp.181~197、2011

今井龍一



東京都市大学工学部都市工学科  
准教授(前 国土交通省国土技術政策総合研究所防災・メンテナンス基盤研究センターメンテナンス情報基盤研究室研究官)、博士(工学)  
Dr. Ryuichi IMAI

松井 晋



アジア航測(株)GISセンター  
公共コンサルタント3課(前  
国土交通省国土技術政策総合研究所 防災・メンテナンス基盤研究センターメンテナンス情報基盤研究室交流研究員)  
Susumu MATSUI

中村圭吾



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、  
博士(工学)  
Dr. Keigo NAKAMURA

重高浩一



国土交通省国土技術政策  
総合研究所防災・メンテ  
ナンス基盤研究センター  
メンテナンス情報基盤研  
究室長  
Koichi SHIGETAKA