

# 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に関する考察

今井 龍一（国土交通省国土技術政策総合研究所 メンテナンス情報基盤研究室）

中村 圭吾（国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究室）

松井 晋・重高 浩一（国土交通省国土技術政策総合研究所 メンテナンス情報基盤研究室）

## 1. はじめに

古来より我が国では治水や利水に取り組んできている。河川は私たちに恵みをもたらしたり、時折私たちに脅威にさらしたりする。このため、河川管理者の社会的責務は、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。

河川の管理対象は広範囲であり、河川法が適用されている河川で約 35,000 本（144,000 km）、そのうち一級河川は約 14,000 本（約 88,000km）もある<sup>1)</sup>。河川管理者は、河川空間を計測（測量）し、図面や台帳として記録して利用している。このうち図面（平面図、縦断面図や横断面図）は、計測技術や費用の制約を踏まえ、3～5年の頻度で測量を実施して調製しており、最小限の計測で河川管理の多様な用途に応じられるように表記された土木技術者の英知の結集である。

定期縦横断測量の成果である横断面図に着目すると、200m 毎の距離程を対象に測量機器（レベル等）を据え付けて、例えば天端と法面のある代表点を計測し、それぞれの点からの延長線上の交点（実在しない特徴点）を法肩として調製されている。また、距離程間のある箇所の変状は、近接する横断面図を代用したり、距離程位置の計測値から断面を推測して横断面図を調製したりして把握している。ただし、災害時のような変状の大きい場合は、近接する横断面図の代用が難しく、機動的な復旧対策の阻害要因になることもある。

先人たちは、定期縦横断測量の要領策定当

時の計測技術に基づいて、距離程毎の特徴点のみの必要最小限の計測労力で最大の効果を享受できる（河川管理の様々な場面で利用できる）横断面図の表記方法を定められたのだと著者らは推察する。換言すると、当時の計測技術の特徴を活かした横断面図の調製方法であり、計測技術と表記基準との均衡を図ったものである。

一方、測量の技術革新は目覚ましく、航空レーザの計測技術を用いると、河川空間全域の計測が実現しつつある。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で本格的に活用している<sup>2)</sup>。以降も積極的に活用しており、平成 24 年 3 月には高精度な数値標高データとして一般公開されており<sup>3)</sup>、同年 6 月に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精度かつ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が期待される。

現在の LP は、陸部を対象に計測された点

の集合体であるが、中小河川の治水安全度評価に利用したLPと比して10倍もレーザ発射パルス頻度が向上していることから、河川管理の多様な場面での活用が期待されており、定期縦横断測量の横断図の調製への適用も有力な候補である。航空レーザ計測技術は日進月歩であることを踏まえると、現行の技術レベルで計測されたLPをもってすれば、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、日本測量調査技術協会 空中計測・マッピング部会レーザワーキンググループおよび航空レーザ計測等を用いた河川管理への適用研究会のご協力の下、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を報告する。

## 2. 検証方法および検証に用いる測量成果

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は、9水系における平成24年度の定期縦横断測量成果の横断図（以下、「実測横断図」という。）および平成25年度の航空レーザ測量成果のLPを用いて、図1に示す手順で検証した。2.1節にて具体的な検証方法、2.2節にて検証に用いる測量成果を説明する。

### 2.1 検証方法

#### (1) TINモデルによる横断図の作成

横断図は、定期縦横断測量の実施箇所（距離程）を対象に、LPを用いて作成する。具体的には、図2に示す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、LPから生成した陸部のTIN（Triangulated Irregular Network）モデル

ルを用いて算出した横断測線上の標高値から作成する。今回は、オリジナルデータ、グラウンドデータ、0.5mメッシュデータおよび1mメッシュデータを用いて4種類の横断図を

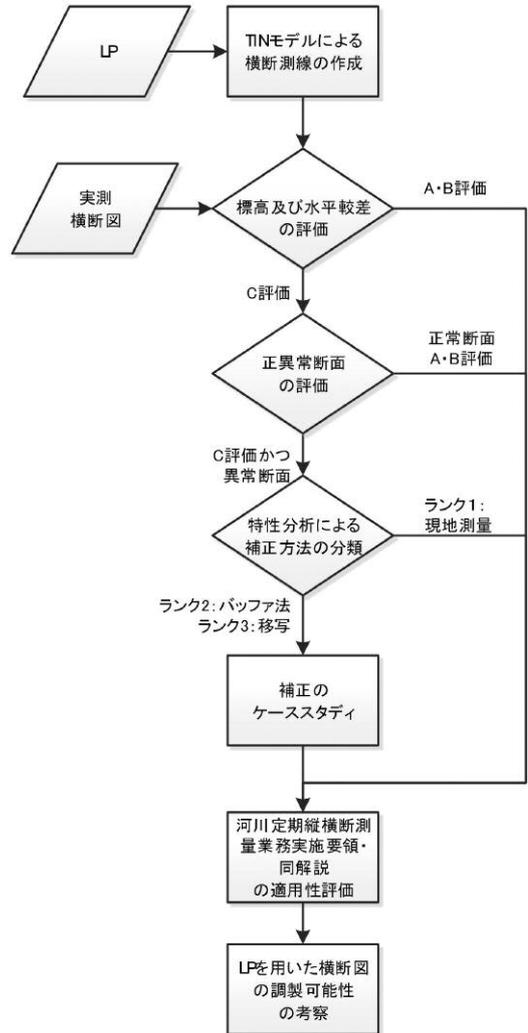


図1 検証手順

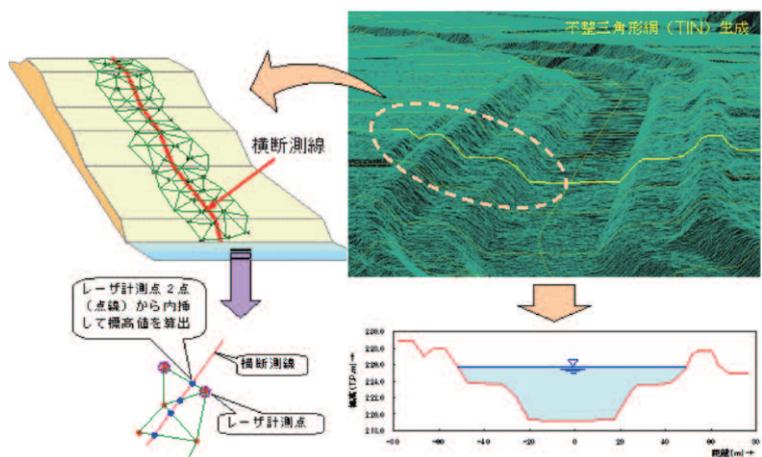


図2 横断図の作成イメージ<sup>6)</sup>

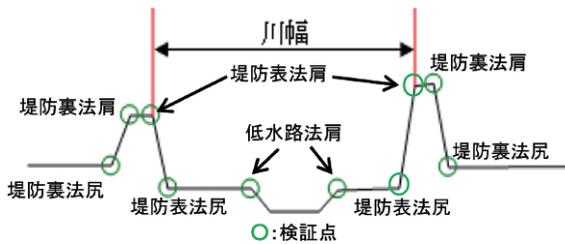


図3 較差の検証点

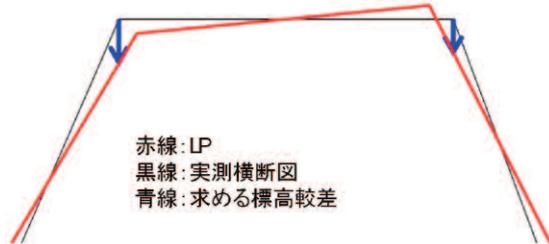


図4 標高較差の算出

作成する。

## (2) 標高及び水平較差の評価

今回の検証では、標高および水平較差を評価する。標高較差は、中小河川の治水安全度評価方法に準じて、図3に示す検証点（標準10点）に着目する。まず、LPから作成した4種類の横断面図と実測横断面図とを重ね合わせる。次に図4のように実測横断面図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、標高差15cm以内をA、標高差15～30cmをB、標高差30cm以上をCとして評価する。

水平較差は、作業規程の準則の第80条の水平精度の標準偏差に準じて、任意点（例：白線の隅や建物の角等）に対するGNSS測量およびLPの経緯度の差分を算出し、地図情報レベル500の0.25m(25cm)以内の規定を基準値として評価する。

## (3) 正異常断面の評価

前項の標高較差の評価結果のうち、A評価およびB評価の横断面図は正常断面とする。一方、C評価の横断面図は、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。

## (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図は、植生等の影響を受けたり、河川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、補正により横断面図が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、現行の測量（実測）で横断面図を調製する。
- ・ランク2：横断面測線の近傍（縦断方向）の計測点を用いて横断面図を調製する（バッファ法による補正）。
- ・ランク3：経年変化のない河川構造物は実測横断面図から移写して横断面図を調製する。

## (5) 補正のケーススタディ

今回の検証では、ランク2のバッファ法による補正およびランク3の実測横断面図から移写による補正のケーススタディを実施し、有用性を確認する。

## (6) 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を用いて作成した横断面図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「 $2cm + 5cm\sqrt{L/100}$ 」に準じて各変化点における値を算出し、LPを用いて作成した横断面図と実測横断面図との標高較差を比較する。なお、要求精度の「L」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。

実測横断面図では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。今回の

検証では、LPの特長を活かした評価手法案として、0.5mメッシュデータを用いて作成した横断面図および実測横断面図を用いて、河川の部位毎に50cm間隔で標高較差を比較するケーススタディを実施する(図5)。

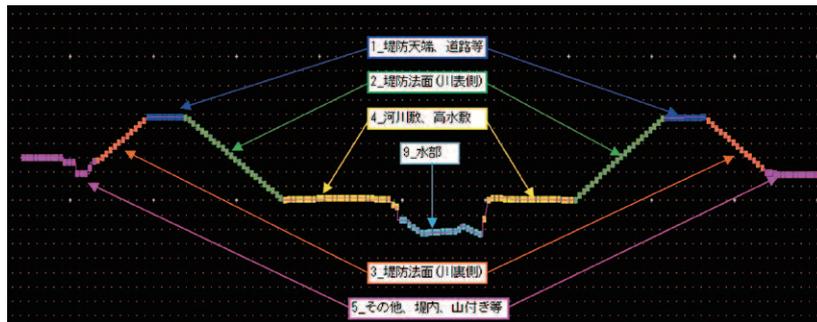
(7) LPを用いた横断面図の調製可能性の考察

本検証結果を踏まえ、LPを用いた横断面図の

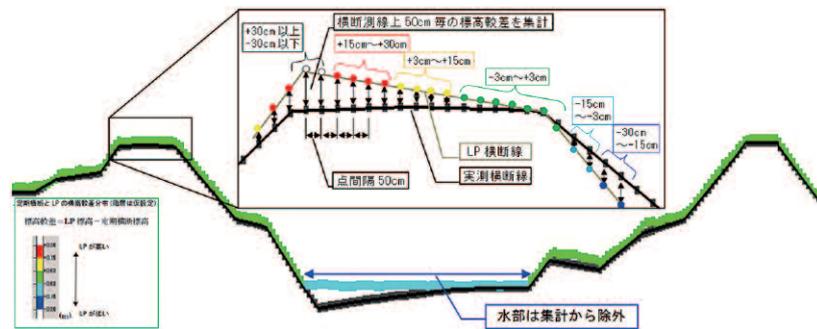
調製可能性を考察する。

2.2 検証方法に用いる測量成果

検証には、平成24年度の定期縦横断測量成果の9水系の実測横断面図および平成25年度の航空レーザ測量成果のLPを用いた。検証の対象断面は、河川の形状特性を踏まえて表1に示



a) 標高較差の部位区分



b) 標高較差の算出の仕方

図5 LPの特長を活かした評価手法案

表1 検証断面の選定条件

指標	細目	割合	選定条件
セグメント	上流・中流・下流	全体のバランスを考慮して調整	川幅や堤防の大きさ等の異なる場所
堤防	両岸とも堤防	70 (%)	各種調査・計画等に利用される箇所
	片岸堤防有	20 (%)	全体的にも割合が低い箇所
	両岸とも無堤	10 (%)	山付きなど今後改変があまり見込まれない箇所
高水敷	樹林地(針葉樹)	20 (%)	落葉樹に比べてレーザで比較的計測しやすい箇所
	樹林地(落葉樹)	30 (%)	計測精度が比較的低いと考えられる箇所
	低木・草本地	30 (%)	計測精度が比較的低いと考えられる箇所
	人工草地	10 (%)	計測精度が比較的高いと考えられる箇所
水際	人工地(公園・グラウンド)	10 (%)	計測精度が比較的高いと考えられる箇所
	砂州	適宜	水域部でもレーザで計測できる箇所
その他	特殊堤	1断面以上	レーザで計測できない異常断面候補の箇所
	張出し・橋梁	1断面以上	レーザで計測できない異常断面候補の箇所
	最近の築堤	適宜	レーザ計測で堤防の再現性が確認できる箇所

表2 検証断面の選定結果

水系名	延長 (km)	検証断面数	参考断面数 (1断面/2km)	備考 (特徴)
天塩川	207.9	60	100	単調な河川
赤川	37.5	30	19	川幅が狭い
富士川	122.1	50	60	大きな支川あり (笛吹川)
黒部川	20.7	20	10	急流河川・霞堤あり
手取川	17.3	20	8	急流河川・霞堤あり
梯川	11.2	20	6	中小河川
大和川	48.3	40	25	下流：幅広、上流：幅狭
千代川	40.4	30	21	
川内川	30	30	15	自然河川
計	535.4	300	264	

表3 検証断面毎の標高較差の評価結果例

水系名 及び 位置	検証点部位	定期横断 測量標高	LPの標高				標高較差				
			オリジナル	グラウンド	0.5mメッシュ	1.0mメッシュ	オリジナル	グラウンド	0.5mメッシュ	1.0mメッシュ	
			H (m)	Ha (m)	Hb (m)	Hc (m)	Hd (m)	ΔHa	ΔHb	ΔHc	ΔHd
黒部川 OKp	左岸	堤防裏法尻	1.910	1.920	1.751	1.740	1.766	0.010	-0.159	-0.170	-0.144
		堤防裏法肩	5.970	5.907	5.934	5.903	5.901	-0.063	-0.036	-0.067	-0.069
		堤防表法尻	6.000	6.056	5.983	5.990	5.990	0.056	-0.017	-0.010	-0.010
		堤防表法肩	1.470	1.469	1.430	1.448	1.459	-0.001	-0.040	-0.022	-0.011
		低水路法肩	1.290	1.312	1.311	1.314	1.175	0.022	0.021	0.024	-0.115
	右岸	堤防裏法尻	1.830	1.880	1.682	1.674	1.684	0.050	-0.148	-0.156	-0.146
		堤防裏法肩	1.490	1.549	1.457	1.460	1.560	0.059	-0.033	-0.030	0.070
		堤防表法尻	6.130	6.353	6.040	6.104	6.044	0.223	-0.090	-0.026	-0.086
		堤防表法肩	6.190	6.157	6.163	6.157	6.175	-0.033	-0.027	-0.033	-0.015
		低水路法肩	2.680	2.752	2.742	2.733	2.857	0.072	0.062	0.053	0.177
	平均						0.039	-0.047	-0.044	-0.035	
	標準偏差						0.078	0.069	0.071	0.101	
	評価						A	A	A	A	

す条件を設定し、表2のとおり選定した。

### 3. 検証結果

本章は、2章の検証方法に則して実施した検証結果および考察を述べる。なお、TINモデルによる横断図の作成の説明は省略する。

#### 3.1 標高及び水平較差の評価結果

表3は検証断面毎の図3に示す各検証点部位における標高較差の評価結果、表4は9水

表4 全検証断面の標高較差の評価結果

ランク	断面数 (割合%)			
	オリジナル	グラウンド	0.5mメッシュ	1.0m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

系の全300断面の標高較差の評価結果を示している。オリジナルデータはC評価が多く、残り3種類のデータはA・B評価が多く、大き

表5 水平較差の評価結果例

水系名	点 名	LP 座標		地上計測		較 差		
		X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	∠x	∠y	ベクトル
赤川	H-1	-112873.820	-83610.444	-112873.622	-83610.774	0.198	-0.330	0.385
	H-2	-120435.893	-77974.223	-120435.830	-77974.250	0.063	-0.027	0.068
	H-5	-128093.572	-88415.766	-128093.602	-88415.806	-0.030	-0.040	0.051
	H-6	-127771.945	-80349.060	-127771.791	-80348.982	0.154	0.078	0.172
	H-7	-135506.919	-79530.026	-135507.185	-79529.928	-0.266	0.098	0.283
	H-8	-133944.104	-75476.630	-133944.205	-75476.595	-0.101	0.035	0.107
	H-10	-127500.596	-90163.863	-127500.629	-90163.709	-0.033	0.154	0.157
	H-11	-129986.029	-85927.077	-129985.988	-85927.041	0.041	0.037	0.055
	H-12	-139021.571	-84786.499	-139021.520	-84786.576	0.052	-0.076	0.092
					平均	0.001	-0.002	0.145
					標準偏差	0.126	0.127	0.104

な差異が見られない結果を得た。表5は、水平較差の評価結果を示しており、縮尺 1/500 相当の図面（地図情報レベル 500 相当の地図）であることを確認した。今回は、大和川および赤川の2水系しか水平較差を評価できなかった。しかし、他の河川もこの2水系と同様に回転翼による高密度な LP を計測しているため、今回と同様の評価結果を得られると推測できるが、実際に他の水系も評価して傾向を分析することが今後の課題としてあげられる。

### 3.2 正異常断面の評価結果

A・B 評価の断面は正常断面とした。すなわち、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、グラウンドデータおよび 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6参照）していたため、正常断面とし

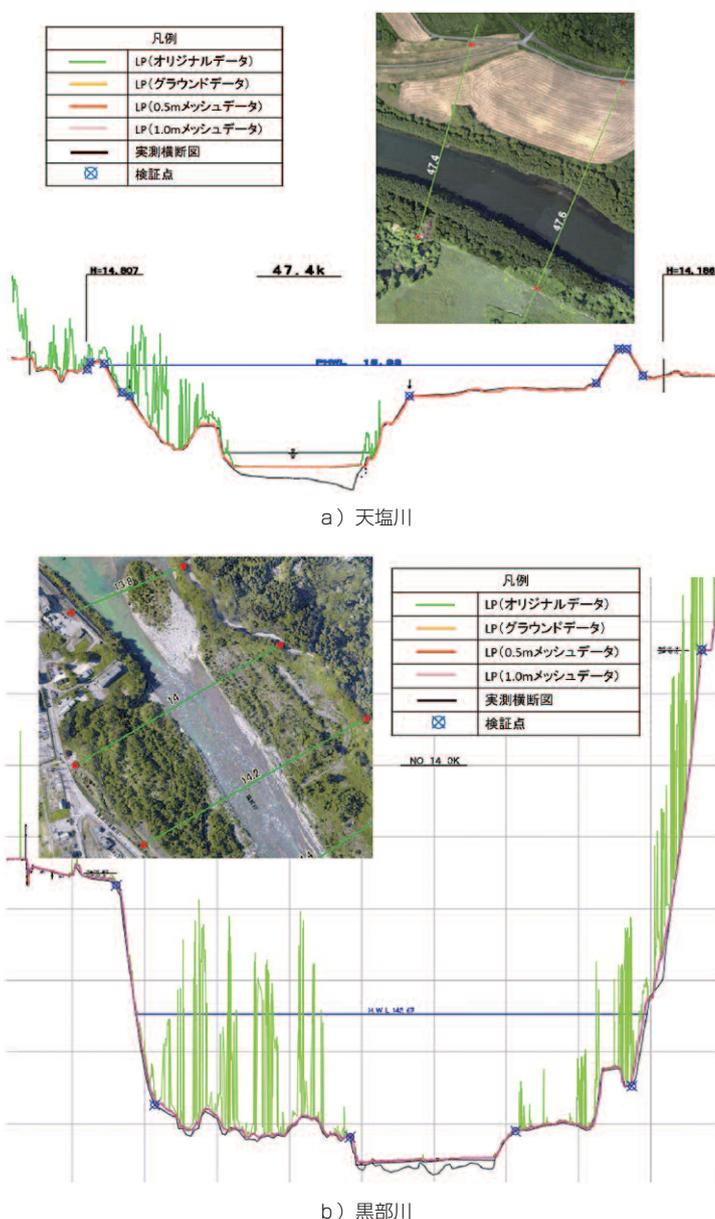


図6 実測横断面図およびLPの照合

表6 9水系の正異常断面の評価結果

水系名	正常断面	異常断面	計	LPに影響している要因
天塩川	55 (90%)	5 (10%)	60	植生 (草本類・樹林帯)
赤川	27 (90%)	3 (10%)	30	植生 (草本類・樹林帯)
富士川	31 (62%)	19 (38%)	50	植生 (草本類・樹林帯)、一部に直壁やオーバハング
黒部川	18 (90%)	2 (10%)	20	樹林帯
手取川	19 (95%)	1 (5%)	20	密生草本群
梯川	16 (80%)	4 (20%)	20	構造物、密生草本群
大和川	34 (85%)	6 (15%)	40	都市河川特有のバラベット、直壁、オーバハング
千代川	20 (67%)	10 (33%)	30	植生 (草本類・樹林帯)、若干構造物
川内川	22 (73%)	8 (27%)	30	密生草本群
計	242 (81%)	58 (19%)	300	

表7 異常断面の要因

要因	説明	
構造物	バラベット	天端幅が狭くレーザが照射されない。
	肩尻 (法肩、法尻) 構造物	レーザはエッジを直接捉えることができないため、幾何学的形状は再現性が低い。
	直壁	壁面が飛行コースの直下に近い程度欠測が生じやすい。
	オーバハング	オーバハングした部分で遮蔽され、直下の地表面にレーザは到達しない。
植生	密生草本群	密生した草本により地表面へのレーザ到達率が著しく低下する。植生タイプによっては、完全に遮蔽する場合もある。
	密生樹林帯	密生した樹林により地表面へのレーザ到達率が著しく低下する。
	密集家屋	堤防尻に近接した建物等で遮蔽されレーザが地表面に到達しない。

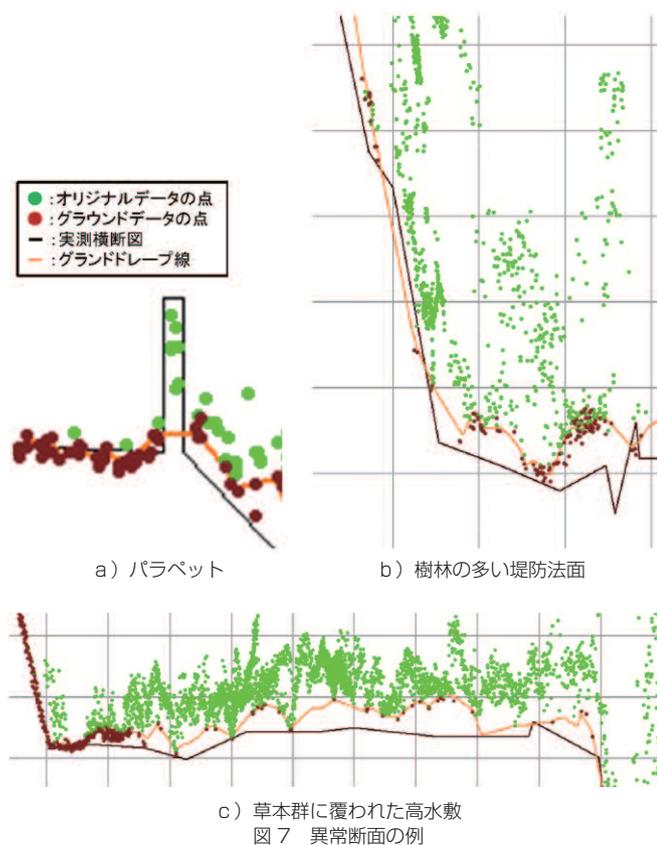


図7 異常断面の例

た。表6は正異常断面の評価結果を示しており、正常断面は約80%、異常断面は約20%となった。

### 3.3 特性分析による補正方法の分類結果

表7は、異常断面の特性の分析結果を示している。また、58断面に対する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、

図7 b)・c) のような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、図7 a) のような河川構造物が計測できていないが実測横断面から移写して横断面が調製できる断面が多かった。

### 3.4 補正のケーススタディ

今回の検証では、ランク2のバッファ法による補正およびランク3の実測横断面から移写

による補正のケーススタディを実施した。図8は、バッファ法による補正結果を示している。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となる。また、実測横断面とも形状が概ね一致している。

図9は、実測横断面図からの移写による補正結果を示している。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のないことを確認後、実測横断面図から移写した。

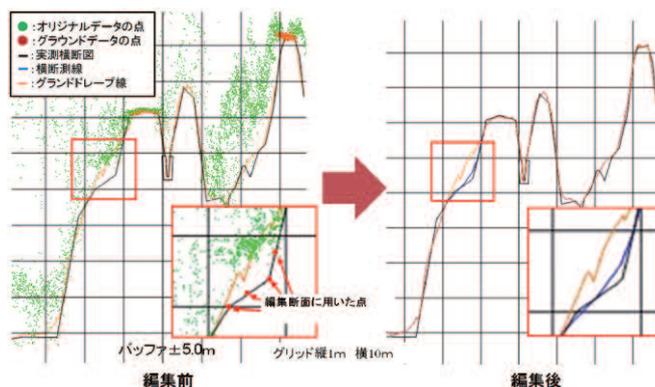


図8 バッファ法による補正(密集樹林帯)

### 3.5 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結果

表8は、要領の精度規定に則した水系毎のグラウンドデータおよび0.5mメッシュデータの横断面の評価結果を示している。いずれのデータも規定を満足する断面は2割強の結果となった。

表9は、LPの特長を活かした評価手

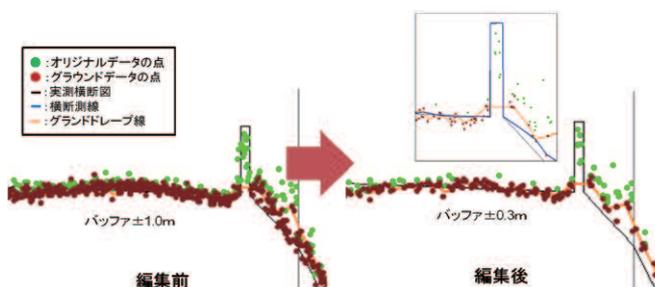


図9 実測横断面図からの移写による補正(パラベット)

表8 要領の適用性の評価結果

水系名	検証断面数	適合率/不適合率		要求精度 <sup>※1</sup>	1/2 河川幅(L)
		グラウンド	0.5mメッシュ		
天塩川	60	35%/65%	37%/63%	9cm	249cm
赤川 <sup>※2</sup>	30	8%/92%	9%/91%	8cm	168cm
富士川	50	26%/74%	26%/74%	9cm	196cm
黒部川	20	27%/73%	25%/75%	9cm	250cm
手取川	20	34%/66%	29%/71%	9cm	207cm
梯川	20	29%/71%	26%/74%	6cm	67cm
大和川	40	24%/76%	20%/80%	6cm	91cm
千代川	30	19%/81%	17%/83%	7cm	112cm
川内川	30	22%/78%	20%/80%	6cm	98cm
計	300	25%/75%	24%/76%	—	—

※1) 要求精度=2cm+5cm√L/100  
 ※2) 赤川の適合率が特に低い要因：7月18日の豪雨(山形豪雨災害)の影響で、堤防の草刈が未完のままLPを計測したため、植生の影響が大きいと推測

表9 河川の部位毎の評価結果

部位区分	1: 堤防天端、道路等	2: 堤防法面(川表側)	3: 堤防法面(川裏側)	4: 河川敷、高水敷	5: その他、堤内、山付き等
検証点数	413	550	313	1715	893
較差平均(m)	0.040	0.066	0.089	0.130	0.079
二乗平均(m)	0.060	0.145	0.170	0.237	0.208

法として、大和川の0.5mメッシュデータから作成した横断図および実測横断図を用いて、図5の部位毎に50cm間隔で標高較差を評価したケーススタディ結果を示している。較差は4~13cm、偏差は6~24cmとなり、堤防天端・道路等、堤防法面（川表側）、堤防法面（川裏側）、堤内・山付き等、河川敷・高水敷の順に精度が低くなる傾向が見られた。

### 3.6 考察

本節は、今回の検証結果に基づいて、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考察する。

- ・LPは、陸部の河川形状の9割を表現できる。ただし、今回は計測時期の差が1年の実測横断図とLPとを用いた検証のため、例えば計測時期の差が5年も開くと、実測横断図から移写できない構造物等が増えて、正異常断面を判断できなくなる可能性がある。このため、今回の検証に用いた実測横断図より1時期前の平成19年頃の実測横断図とLPとを用いた横断図の調製による検証が課題としてあげられる。検証結果が有効であった場合、LPおよび過年度の実測横断図を用いた横断図の調製可能性があると言える。
- ・実測横断図は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、この特長を活かした表記基準や評価手法を検討していくことが考えられる。ただし、現行のLPは要領の精度規定に準ずるのが難しいため、3級水準測量精度の縦断測量成果による補正等の措置と併せて検討する必要がある。
- ・実測横断図は、河積算出、流出解析、流下能力の把握、河道掘削計画や氾濫・洪水流シミュレーション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、現行の実測横断図と、LPを用いて調製した横断図およびLPとを用いて、各用途への有効性を検証し、その結果によっては要領の改定を検討していくのも一案と考えられる。

### 4. おわりに

現在のLPは、中小河川の治水安全度評価に利用したLPと比して10倍もレーザー発射パルス頻度が向上しており、河川管理の多様な場面での活用が期待される。今回は、定期縦横断測量の横断図の調製に着目し、LPの適用可能性を検証した。その結果、LPを用いると、河川形状を正確に表現した横断図を調製できる可能性があるが、現行の要領の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を利用することで、様々な発現効果が期待できる。

今回の話題に関連した高度化への具体的な取り組みとして、国土技術政策総合研究所では、関西大学（研究代表者：田中成典教授）および近畿地方整備局とLP等の既存資源を活用した3次元CADデータの生成・活用技術を研究している<sup>7)</sup>。同技術は、定期縦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、災害時における現況把握の活用にも期待される。なお、同技術の詳細は別の機会に改めて報告することとし、本稿では割愛する。

今回の検証により、定量的な結果に基づく我々が取り組むべき課題を明らかにすることができた。国土技術政策総合研究所では、今回得た知見を糧にして、今後も引き続き、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、公益財団日本測量調査技術協会事務局をはじめ、空中計測・マッピング部会レーザーキンググループおよび航空レーザー計測等を用いた河川管理への適用研究会の各位には多大なご協力を賜った。ここに記して謝意を表する。

#### ■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/](http://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/)、(入手 2014.10.4)
- 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—各地の津波被害予測等の高度化に期待—、[http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03\\_hh\\_000481.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_000481.html)、(入手 2014.10.4)
- 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の河川縦横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：航空レーザー測量を活用した治水安全度評価、<http://www.nilim.go.jp/lab/rcg/newhpl/seika.files/lp/abst.html>、入手 2014.10.4)
- 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（日本知能情報ファジィ学会誌），Vol.23, No.4, pp.181-197, 2011

#### ■執筆者

今井 龍一（いまい りゅういち）

国土交通省国土技術政策総合研究所  
メンテナンス情報基盤研究室  
imai-r92ta@nilim.go.jp

#### （共著者）

中村 圭吾（なかむら けいご）

国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究室  
(元水管理・国土保全局河川計画課 河川情報企画室)

松井 晋（まつい すずむ）

国土交通省国土技術政策総合研究所  
メンテナンス情報基盤研究室

重高 浩一（しげたか こういち）

国土交通省国土技術政策総合研究所  
メンテナンス情報基盤研究室