

航空レーザ（ALB）測量を活用した 河川横断測量の実施について

滝口 貴之

関東地方整備局 甲府河川国道事務所 調査第一課 (〒400-8578 山梨県甲府市緑が丘1-10-1)

富士川中流部の地形は平地，山地箇所が混在しており，河川縦横断測量の実施が困難な場所が多い。

今回航空レーザ測量により定期横断測量を実施し，その有効性を示した。

今後は，多様な地形を有する富士川流域の測量業務において安全性や作業効率の向上が期待できる。

キーワード 富士川，河川定期縦横断測量，ALB

1. はじめに

国土交通省では，調査・測量から設計，施工，検査，維持管理・更新までの建設生産プロセスすべてを対象としてICT等の新技術を活用する「i-Construction」を推進している。

我が国では人口減少，少子高齢化に伴う生産年齢人口の減少が課題となっており，建設業では高齢者の大量離職や，休みがとりづらい，作業に危険が伴うなどの理由から若手技術者・技能者の離職率の高さによる，さらなる担い手不足が懸念されている。

一方で科学技術の進展はめざましく，新技術を活用することにより，効果的・効率的な作業が可能となり，生産性の向上が期待されている。

このような背景がある中で，富士川における横断測量は，急峻，狭隘な地形に囲まれており，また河道内の多くの植生により，作業効率が低く，更に事故発生の危険性が高い状態である。

このような多様な地形条件下における作業効率の向上と安全性確保の為，航空レーザ測量（ALB）による河川横断測量を実施し，測量精度が確保されるか検証した。

本稿では富士川のような急流河川におけるALB航空レーザ測量の有効性について示す。

2. 富士川流域の概要

富士川は山梨県北杜市と長野県諏訪郡富士見町境ののこぎりだけ鋸岳を源流とし，山間部を抜け，甲府盆地を南流し，笛吹川と合流後，山間狭隘部に入り，静岡県のこぎりだけの富士市と静岡市の境において駿河湾に注ぐ，幹川



図-1 富士川流域図

流路延長128 km，流域面積3,990km²の一级河川である。

流域は3,000m級の急峻な山々に囲まれ，平均河床勾配は1/240と，日本を代表する急流河川である。

富士川流域は，フォッサマグナの西縁である糸魚川静岡構造線が縦貫する非常にもろい地形で，河道への土砂流出が大きい(図-1)。

上流部は南アルプスの山々が連なる山岳部から流下し，甲府盆地に流れ込み，盆地内では扇状地性の沖積平野を形成する平地河川となっている。

河道内は上流や支川からの多量の土砂流入により，多列砂州を形成している。

また，急流河川であることから，局所洗掘を生じ

る他、流入土砂の堆積によって天井川を形成している。

中流部は甲府盆地下流端からの狭窄部で蛇行を繰り返しながら流れ下っており、河道内には広い砂礫地が広がっているものの狭窄部であるためほとんどの区間で川岸は山付きや崖地となっている。

また、非常に土砂生産量の多い支川である早川が合流している。

下流部は富士山西南の山麓が駿河湾に向かって広がっており、河口部は扇状地を形成しており、急流河川のため河口でも水面幅は狭いが、河道内には広大な高水敷が形成されている。

このように、富士川では上・中・下流で河道特性が大きく異なっており、多様な地形を有している。

3. 一般的な河川の測量方法

河川の定期縦横断測量は、現状の流下能力や河床の変動状況などを把握し、河道計画の立案等に使用されるなど多くの業務で活用されているほか、河道の状態把握を的確に行うため、河川管理上重要な測量のひとつである。

定期縦横断測量の実施時期は、5年以内を原則として、河道の変動特性等を考慮し、決定する。また、顕著な洪水後などには必要に応じて測量を行う。

縦断測量は、水準基標の標高に基づいて距離標の高さを測定し、併せて堤防高、地盤高、水位標零点高、水門等の敷高及び橋の桁下高、その他必要な工作物の高さや位置等を測定するものである。堤防上の変化点及び構造物等の位置は、距離標からの距離を測定して定める。

横断測量は、距離標を標準とし、左右岸の距離標を結ぶ測線上に断面を設定して高低を測定する。設定した断面上では、水際杭（低水路杭）を境にして、陸部と水部に分け、一般に陸部においては横断測量、水部については深淺測量により行うものである。

4. 富士川でのALB航空レーザー測量の有用性

富士川は、急峻、狭隘な地形に囲まれており、また河道内の多くの植生により現地測量による横断測量は作業効率が低く、急流であることから深淺測量の作業効率も低く、更にそれらの測量作業は、事故発生の危険性が高い事が課題として挙げられる。

今回の定期縦横断測量の実施にあたっては、前述の課題を改善するため、受注者からの技術提案もあり試行的に今回ALB航空レーザー測量を実施し、現地測量と比較することで精度検証を行い、今後のALB航空レーザー測量の定期縦横断測量への活用に向け、富士

川での有用性について確かめた。

5. ALBの特徴

ALBはAirborne Laser Bathymetry（水面下を計測できる航空レーザー測深機）の略であり、現在では一般的に陸上部で使用されている近赤外レーザー（波長1064nm）と、水中に貫入するグリーンレーザー（波長532nm）を組み合わせ、従来の陸部の地形データに加え、水底の地形や構造物の高さと座標を測量する航空レーザー測量システムである（図-2）。

水中に貫入するグリーンレーザーの測深精度は、水質調査を行った結果の水域透明度の1.5倍まで測定可能であり最大15mまで測定が可能である。

近年、測量技術の進展に伴い、3次元点群データを比較的精度よく取得できるようになってきており、河川の定期縦横断測量に航空レーザー計測を活用する場合、縦横断側線上においてランダムな点群データの的確な取得が課題となるが、安全性や作業効率の向上など生産性の向上や3次元点群データの測量成果の河川管理への有用な活用が期待される。



図-2 計測イメージ

6. 有用性の検証方法

現地測量とALB航空レーザー測量を比較した精度検証に関しては公共測量の準則に記載のある調整用基準点を用いた3次元データの点検方法を流用し、較差の標準偏差が25cm以内の結果であれば精度を十分保っているものとして扱うこととした。

事前に懸念される点としては、植生の繁茂、水質、構造物によって測量の精度が十分得られない可能性

が考えられたため、これらを検証できる測線で比較を行った。

7. 測量結果

(1) 実施場所

現地測量とALB航空レーザ測量の比較を行うため、H315（鹿島橋付近）からH171（南部橋）までと早川13（早川橋）から富士川の合流部までの区間でそれぞれ測量作業を行った（図-3）。

(2) 水質調査

測量を行う同日に測量する範囲の4箇所水質調査を行った（図-3）。

ほとんどの箇所川底まで透明度が確認できたが富山橋と早川橋での透明度の測定では流速が速いため計測不可となっており、透視度と濁度に関しては低い値となった（表-1）。



図-3 水質調査箇所

表-1 水質調査結果

採水場所	水深(m)	水の清澄さに係る指標			
		透明度(m)	透視度(cm)	濁度(NTU)	水色
① 月見橋(R側)	1.10	川底	100	4.5	無色
① 月見橋(L側)	0.60	川底	100	4.5	無色
② 南部橋	0.40	川底	100	2.3	無色
③ 富山橋(R側)	計測不可	計測不可	12	35.7	白色
③ 富山橋(L側)	1.20	川底	100	3.1	無色
④ 早川橋	計測不可	計測不可	13	37.5	白色

(3) 実測横断測線と比較検証

特徴の異なる4断面について精度検証を行った。

図-4～図-7の表について、最大はALB測量で得られた値と現地測量で得られた値の差の最大を表しており、標準偏差に関してはALB測量と現地測量の差のばらつき具合を表している。

a) 単純な河川形状（H303地点）（図-4）

航空レーザに大きな影響を与える障害物がほとんど存在していないことから、平均値、標準偏差とも10cm以内で収まる良好な結果が得られた。

水部の最大差が約34cmであり、この差は、現地測量との測点位置によるものと考えられる。

陸部での最大差は42cmと算出され、要因としては、地上に飛び出ている距離杭が航空レーザで抽出されなかったことによるものと考えられる。

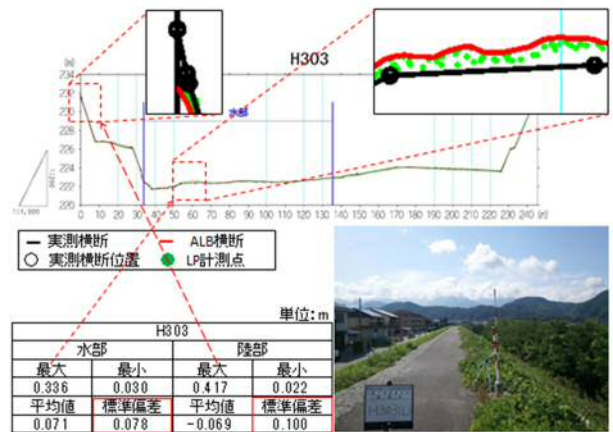


図-4 単純な河川形状 測量結果

b) 急勾配山付き箇所（H312地点）（図-5）

H312地点では左岸側の植生による影響が出ているものの、右岸の急勾配の被覆では、大きな差が出ておらず、陸部と水部の最大差の要因はどちらもH303地点と同様であることが考えられる。

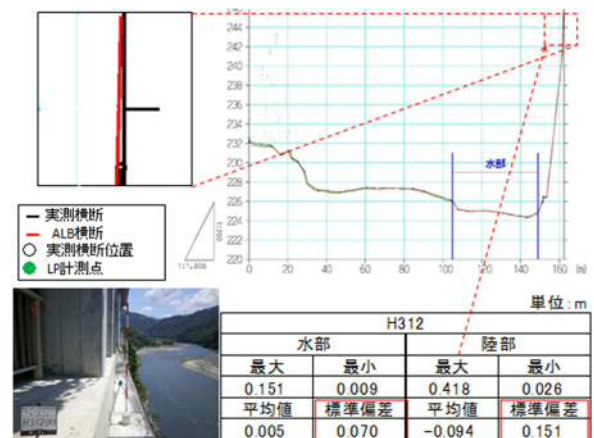


図-5 急勾配山付き箇所

c) 構造物のある箇所 (H230地点) (図-6)

H230地点の塩之沢取水口では、陸部において、構造物の複雑なエッジをALB航空レーザ測量で再現できない箇所が最大の差として表れた。

平均値や標準偏差より航空レーザが苦手とする複雑な構造物を含んだ状態でも一定の精度を有することが確認された。

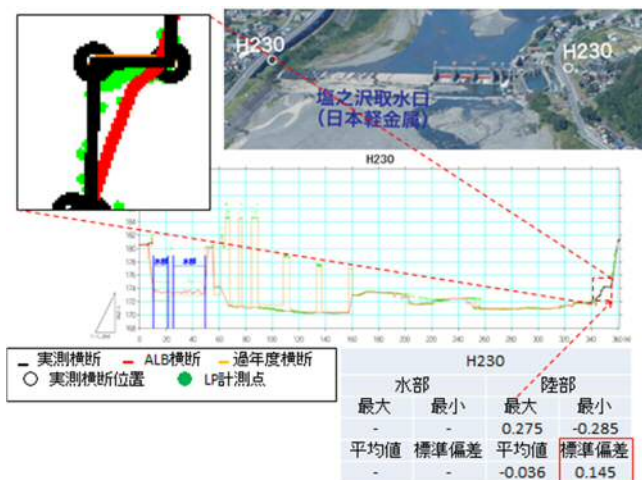


図-6 構造物のある箇所 測量結果

d) 水部に欠測が見られた箇所 (H218地点) (図-7)

H218地点について、ALB航空レーザ測量によって深さ2.4mまでは測れたものの、深さ5mまではレーザ測量が届かなかった。

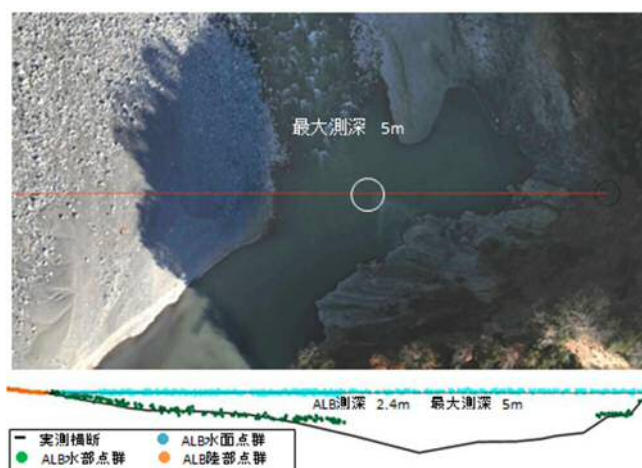


図-7 水部に欠測が見られた箇所

8. 考察

比較検証を行った結果陸部においては満足できる精度を得ることが出来た。

富士川のような狭隘、急峻な地形であっても陸部では標準偏差15cm程度の精度で測量を行えた。十分に精度を保って測量できた発揮できたことから、他の河川にも陸部においてALB航空レーザ測量が有用であると考えられる。

現地測量とALB航空レーザ測量の比較によって植生の影響によって精度が下がることは少なく、複雑な構造物のエッジがある事による精度低下の方が大きな差として結果に表れた。

水部に関しては濁りや水深によって一部欠測となってしまう結果となった。欠測となった箇所は水質調査の透明度、透視度、ともに低い値が出た富山橋より下流であることから、理由として河川の濁りが考えられ、それに加えて水深が深い事も理由と考えられる。このように濁った河川又は水深の深い河川に関しては、川底のデータが十分に取得できない可能性がある。

これらのことから、富士川の陸部においては、ALB航空レーザ測量は有用であり、安全性、作業効率、それに伴う時間短縮等の多くのメリットがあるといえる。

水部に関しては濁りや、水深の深い場所において欠測があったことから、ALB航空レーザ測量等の点群測量が今後主流になった場合、現地測量が完全に不要となるのではなく、欠測しやすい箇所に関しては実測を行う必要があると考えられる。

またそれぞれの河川において、航空レーザ測量の欠測しやすい弱点になり得る箇所を十分理解して活用する必要がある。

9. 測量成果の有用な活用

従来の定期縦横断測量成果は、縦横断の側線データしか測量成果が得られないが、レーザ測量を適用することにより、3次元点群データの測量成果が得られることとなり、河川管理への測量結果のさらなる活用が期待される。

今回は、土砂流出の多い富士川の河川管理において重要な土砂堆積量の解析を実施した。

土砂流出の多い早川と富士川の合流部の約1km²について、平成24年度の航空レーザデータと今回で計測した航空レーザデータの差分から土砂堆積量の解析を実施した。

また、平成26年度業務のオルソ写真から抽出した水域ポリゴンを、参考数値として利用し、解析範囲における陸部の面積を算出した。

(1) 整合性の確認

両方のデータが存在し、平坦且つ経年変化がない箇所、データの標高較差を確認した結果、較差は0.03mと整合が取れていた。

(2) 水域ポリゴンの作成

航空レーザは水域のデータが取得できないため、差分を求める際に除外しないと正確な解析ができない。

そのため、各年度のオルソ画像から水域ポリゴンを作成した。今回の解析対象範囲を母数とし、水域ポリゴンが占める割合から陸部の面積を算出した。

オルソ写真から抽出した陸部の面積は減少傾向にある。一方、航空レーザからは増加していることが判明した。

差分図からは、早川の左岸から富士川の右岸の方向に多く堆砂されており、今後の進行次第では、富士川右岸の護岸への影響が懸念され事が把握できた。

このことにより、災害が起こった場合に災害箇所を被災前後で比較することが出来、災害に対するデータを経年的に集め、被災が頻繁に起こる箇所や河道変化の特徴等を把握することで、河川の予防保全を行う処置も可能になると考えられる。

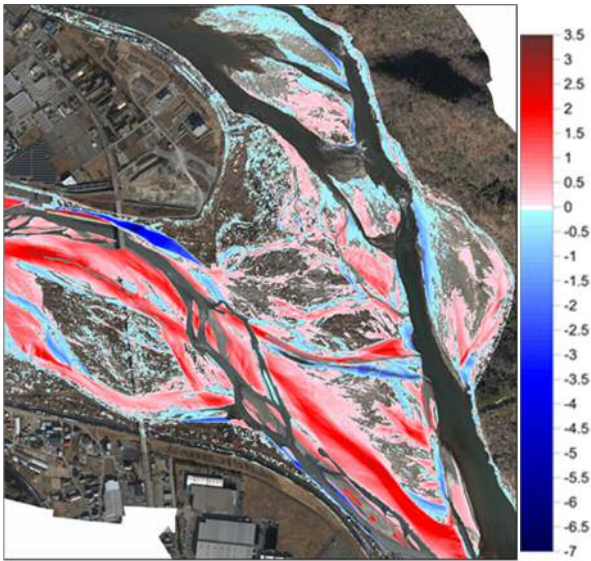


図-8 堆砂量解析図

10. おわりに

定期縦横断測量において、航空レーザ測量を活用するためには現時点ではまだ実績が少ない。

そのため、河川定期縦横断測量における点群測量の実施の試行がなされており、この試行を活用し、実績を増やす必要がある。

河床変動は、主として洪水により生じるものであり、一連区間を速やかに測量することが望ましいが、従来の測量では一連の測量に時間を要することから単年で完了することが困難であったが、ALB航空レーザ測量の場合、測量時間が短縮できるため、出水から透明度が回復した後に速やかな計測が可能であると考えられる。

また従来の方法に比べ、測線ごとの限られたデータでなく、広範囲を面的にデータを取得出来るので植生の繁茂状況を捉えることが出来き、断面を自由に切り出すことも可能になり多くの情報を短期間で得ることが出来る。

これらのことから、特に富士川は急流河川であり、中小洪水であっても滞筋の変化や河床変動等発生しやすいので、滞筋の変化を航空レーザ測量によって細かな変化を取得することで、今後の河川管理や様々な解析に活用できるので、実施に向けた体制構築を整える必要がある。