

肱川における航空レーザ（ALB）による地形測量について

大洲河川国道事務所 工務第一課 高橋 亮丞
大洲河川国道事務所 工務第一課 係長 吉岡 優平

肱川において、平成30年7月豪雨による出水後の対応として、早期に河道等の状況等を把握することを目的とした航空測量を行った。本稿では縦横断測量に代わる手法として実施した航空レーザ（ALB）による地形測量について報告するとともにALBの特徴と展望について考察する。

キーワード 肱川、平成30年7月豪雨、航空レーザ測量、ALB、河道管理

1. はじめに

現在、i-Construction導入が推進される中、測量分野においても、航空レーザ測量等、多様な測量方法が開発されているところである。

昨年、平成30年7月豪雨による出水後の対応として、早期に河道等の状況等を把握するため、河川断面の測量を行った。そこで用いられたのはALB（Airborne Laser Bathymetry）である。本稿では、新技術であるALBについて、肱川で行った測量結果を示し、本技術の特徴や今後の展望を考察する。

2. 肱川の地形特性

図-1に示す通り、肱川は愛媛県西部に位置し、流域面積1,210km²、流路延長が103kmであり県内最大の河川である。その名の通り、肱（肘）を曲げたような形をしており、河口から源流までの直線距離が



図-1 肱川流域図

18kmと流路延長に比べ非常に短いのが特徴である。地形に着目すると、河口付近に狭隘なV字谷が形成されており、洪水が吐けにくい。また、河川の勾配が緩やかであり、下流部20kmの河川勾配は0.05%しかない。さらに支川数は474（全国5位）であり、洪水が集中しやすい。以上の地形特性より、肱川は洪水を受けやすい河川であることが分かる。

3. 平成30年7月豪雨について

平成30年6月末から7月上旬にかけての台風第7号及び梅雨前線による記録的な豪雨により、西日本の広範囲で大規模な河川の氾濫や土砂災害が発生した。（図-2）

四国地方においても、肱川流域などで甚大な浸水被害や土砂災害が発生した。

肱川流域の野村ダム上流地点（気象庁宇和観測所）の降水量が、48時間（7月5日7時20分から7月7

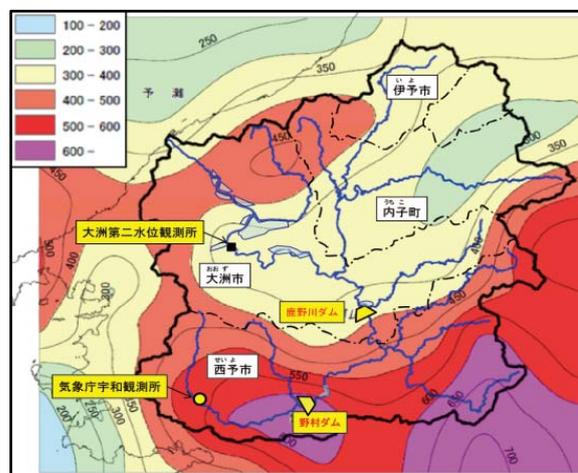


図-2 肱川流域の等雨量線図

【平成30年7月4日から8日】

日7時20分)で観測史上第1位の443mmを記録した。なお、第2位は335mmであった。

図-3に示すように河川の出水状況としては、肱川水系の大洲第二観測所の水位は、観測史上最大となる8.11mを観測した。これは、詳細な水位記録が存在する昭和38年以降で、これまで最も水位が上昇した平成16年台風第16号洪水の最高水位と比較しても1.26mも上回る水位であり、平成30年7月豪雨はまさしく過去に経験の無いような記録的大洪水であった。

浸水被害としては、大洲市全域で浸水家屋3,029戸(床上2,250戸、床下779戸)、浸水面積約1,372ha(数字はいずれも大洲市公表のもの)の被害が発生した。

大洲市によると、国管理区間においては、全ての暫定堤防箇所を越流し、さらに東大洲地区では二線堤も越流し、462haが浸水した。(図-4)

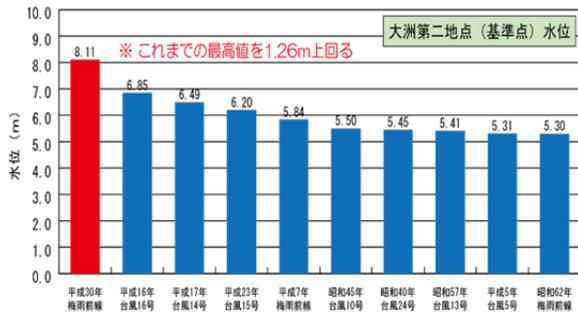


図-3 大洲第二観測所水位
【7月5日(0時)から8日(24時)】

4. ALBの特徴

(1) 従来の航空レーザ測量と河川測量

従来の河川測量では航空レーザ測量や実測による測量が用いられてきた。しかし、従来型の航空レーザ測量では水面下の地形を測量することはできず、取得できる面的データは、陸域のみであった。そのため、河川の定期縦横断測量では、調査員が実測法により、200m間隔の横断測量を行っていた。従来の実測法による測量の場合、以下の課題があった。

(図-5)

調査員が流路内に立ち入るため危険。



従来型の航空レーザ計測では水面下の地形計測はできない。

図-5 定期縦横断現地測量イメージ図

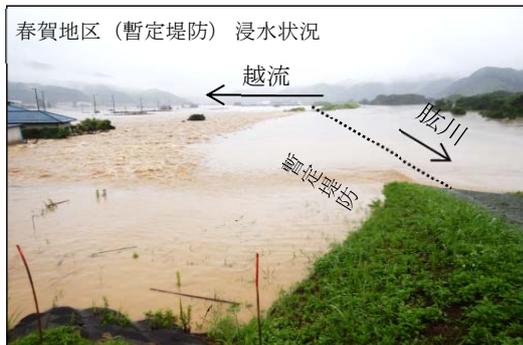


図-4 浸水状況写真 上段：春賀地区 下段：東大洲地区

- ① 実測法では調査員が実測するため、手間や人件費がかかり、多大なコストがかかっていた。そのため、県管理の2級河川では定期的な測量はほとんど実施されていないのが現状であるが、直轄区間では、概ね5年間隔で実施するものとなっている。
- ② 距離標毎の横断データのみでの取得であったことから、河道内の面的なデータが取得できなかった。
- ③ 調査員が河川の流路内に立ち入るため、危険が伴っていた。

(2) ALBの特徴

ALBは、従来の航空レーザ測量と違い、水面下の地形も計測することができる航空レーザ測量である。その原理は、近赤外レーザとグリーンレーザを上空から照射し、地面や水底からの反射パルスをつまえて、その往復時間から三次元データを算出する。水と大気の屈折率が異なることから近赤外レーザは水面高

を計測し、グリーンレーザの往復時間を補正することで水底を計測する。本業務では毎秒35,000発のグリーンレーザと毎秒500,000発（最大）の近赤外レーザを用い、河川の測量を行った。水質濁度、波等の影響を受けるが、最大15mまで測深でき、その精度は0.20m程度である。また、8,000万画素の高精細画像も同時撮影することにより、現地状況を詳細に捉えられる。（図-6）

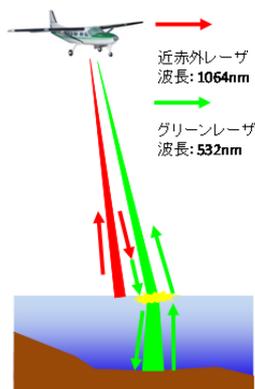


図-6 航空レーザ測深システム概念図

本計測システムの大きな特徴としては、水面下の計測とともに陸域の計測も同時に行う水陸両用のため、水面下と陸域が一連となった三次元データを取得することができる。加えて、航空機に搭載して測量することから広範囲を素早く計測でき、前述した河川の縦横断測量の課題は解消できると考えられる。つまり、航測による効率化によって、従来法に比べコストを縮減でき、現場の作業員の安全性と作業の迅速性が向上する。また、河道内の面的地形データが取得できるため、任意の位置で断面図の作成ができる。（図-7）

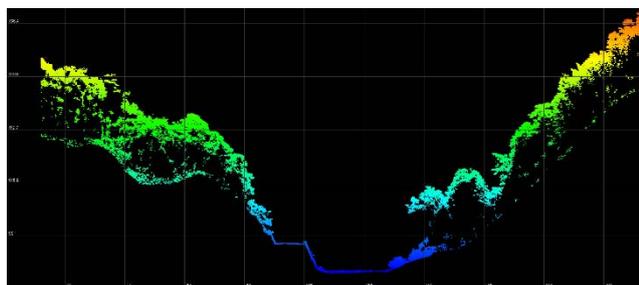


図-7 断面表示したオリジナル3次元データ
【01k600 鹿野川ダム～野村ダム】

5. ALBの実施

平成30年7月豪雨による出水後の河床変動等を把

握し、今後の河川の維持ならびに河川改修の基礎資料とするためALBを実施した。

本測量の範囲は、野村ダムより下流の本川及び矢落川である。

(1) 水質判定調査

ALBは、透明度等の水環境に大きく影響を受けるため¹⁾、ALBにより欠測が生じた際、水環境による影響かそれ以外の要因（地形による影響、植生の繁茂等）によるものかを判定するため、水質判定調査をALBと併せて行った。透明度の約1.5倍が計測可能最大水深と一般的に知られている。なお、水質判定調査は、河口部、中流部、合流部、上流部の9カ所において実施した。結果、河口部を除き透明度は2m前後であり計測可能な水深の目安は3.5m前後であった。

(2) ALBの実施

降雨の影響がないこと、潮位が下がるタイミングを確認し、計測を行った。（図-8）

なお、作業範囲が広いいため、ブロックごとに3日に分けてALBを実施した。なお、計測後、水面下の欠測箇所該当する横断測線を対象に河川深浅測量を実施し、補完作業を行った。

(3) データ整理

作成したオリジナルデータから地表面以外の地物の反射データをフィルタリング処理で取り除いたグラウンドデータ（数値点群データ）を作成した。グラウンドデータは、地物や遮蔽物下の地表面を再現できる。（図-9）



図-8 計測時の肱川河口部

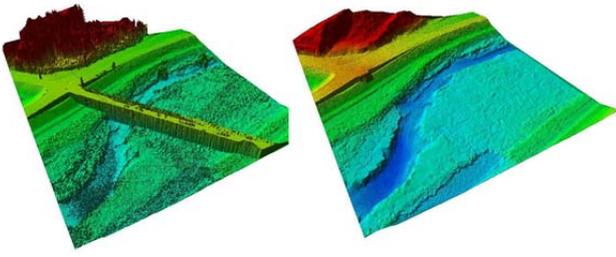


図-9 矢落川松ヶ花橋付近 (TIN 表示)
左：オリジナルデータ 右：グラウンドデータ

6. 課題の整理と考察

(1) 水面下計測結果の検証

航空レーザ測量では、「公共測量作業規定」に従って計測結果の精度検証を行う。これは、陸上部の計測結果の検証を規定したものであり、ALB で計測される水面下の検証を規定していないことから、一般的に水面下の検証は、既測図や現地実測との比較で行っているが、その妥当性については、発注者や測量機関の主観となっている。今後は、活用目的に応じた ALB における水面下の検証手法や精度評価を標準化していく必要がある。

(2) 河川定期縦横断測量での活用手法

ALB では、地上実測部分及び深浅測量部分の現地作業の大幅な軽減が可能である。しかし、レーザ計測点が河川構造物（護岸工、根固め工、中空ブロック等）の変化点を正確に計測できるとは限らないため、詳細な形状取得は困難である。今後は、新技術も含めた測量手法（実測、UAV、MMS）を組み合わせることで、さらに時間の短縮、コストの削減、精度向上を行っていく必要がある。

(3) 水面下の欠測箇所について

今回は、豪雨後の出水期に計測を実施したため、深い水深の河口部や淵に多く水面下の欠測箇所が見受けられた。しかし、水質が安定している渇水期に計測を実施すれば、透明度が高く水位が低い状況での計測となり補完作業が大幅に軽減できると考えられる。

7. ALBでの活用

ALB の三次元測量の結果を利用し、次のような活用を行った。

- ① 水面下の地形測量データを用いた最新河道の現況流下能力の算出に使用。

- ② 激特事業に使用する準二次元不等流計算の基礎資料に使用。
- ③ 河川整備計画変更メニューの流量確保のための河道掘削について、河道断面及び樹木分布を用いて図面を作成し、数量を算出した。特に樹木分布においては三次元データを活用し、より正確に表現することができた。

8. 今後の展望

(1) 河道管理

洪水等により河道の形状は変化する。ALB による定期的な計測により陸部、水面下を含め面的な変動が把握可能となる。

また、面的な三次元地形に加え、深掘れや淵の場所を把握することにより、河川管理施設の計画など予防保全の検討資料となる。

さらに、河道内の樹木の繁茂状況が把握できるため、樹木（高さ）を考慮した流下能力等のシミュレーションが可能となる。

(2) 樹木管理

樹木の繁茂状況（樹高）や分布状況が判る横断図を作成することにより、面的な河道モデルの作成ができ、樹木管理にも利用可能となる。

9. まとめ

本稿では平成30年7月豪雨を受け、大洲河川国道事務所において行ったALBの結果を報告し、ALBの特徴と今後の展望を述べた。今後、気候変動による豪雨災害の頻発が予想される中で、ALBを用い水面下の三次元的な連続データを取得することで、より細やかに適切な河川の整備・維持管理を行うことができるようになる。さらに、建設業界の技術者不足に対しては、ALBの三次元データを活用し、BIM/CIMによる無人化施工やAIによる適切な河道管理計画を行うことで、生産性向上に寄与するものと考えられる。

謝辞:本論文を執筆するに当たり多くの方に情報提供をして頂きました。この場を借りてお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土地理院 航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル
https://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/public/alb/alb_manual.pdf