

グリーンレーザ（ALB）による河川測量とその活用

国土交通省 近畿地方整備局 福井河川国道事務所 事務所長 中村圭吾
 調査第一課長 福岡浩史
 調査第一課 係長 小川善史
 河川管理第一課長 山本一浩

1. はじめに

河川管理者であれば、お風呂のように川の水を抜いて川床の様子が分かれば、なんて楽だろうと想像したことがあるのではないか。これを実現する技術がグリーンレーザ（ALB）である。

すでに使用されているレーザプロファイラ（以下、LP）は航空機からレーザにより地上をスキャンし、地形を測量する機器である。グリーンレーザとはLPのうち、水中もレーザにより測ることができるもので、航空レーザ測深あるいはALBとも呼ばれる。LPに関しては、国土交通省は平成17年ころから主に河川分野で活用してきた¹⁾。しかしながら、LPには水中を測れないという欠点があり、河川分野での活用は限られたものとなっていた。その欠点を改善したグリーンレーザの登場により、LPの幅広い活用が期待されている。

グリーンレーザは、もともと海洋沿岸の水中を測定する機器として1960年代から研究され、1980年代にはアメリカ等で実用化されている²⁾。日本においても海上保安庁においては、すでに2003年から活用されている²⁾。近年になって、グリーンレーザが河川分野において注目される理由は以下の3つが考えられる。ひとつは、河川分野における研究の進展である。国土交通省では河川砂防技術研究開発公募により平成23年から「河川縦横断測量を高度化、効率化するための航空レーザ計測適用に関する研究」を支援し、このなかでグリーンレーザの河川への適用性が検討された³⁾⁴⁾。つぎに、グリーンレーザを含むLPの河川測量手法としての精度検証が進んだことである⁵⁾。国総研を中心に、航測会社各社の協力も得ながらLPが河川測量として十分活用できることを精度面から明らかにし、活用できる準備を進めた。最後は、グリーンレーザの価格低下である。検討を始めた平成23年ころ5～6億円程度したグリーンレーザは、現在では1.5億円前後まで価格が下がってきており、企業側が購入に踏み切れるようになってきた（2017年現在、国内で数社保有）。これらの条件に加え、i-ConstructionなどのICT技術を活用した生産性向上の取組みにより、三次元データの必要性が増

えてきていることもグリーンレーザを後押しする要因と考えられる。

ここでは、日本で初めてとなる九頭竜川（福井県）における本格的なグリーンレーザによる河川測量の事例を取り上げ、速報ではあるが、その成果の一部を紹介し、さらにその活用の方向性について述べる。

2. 九頭竜川におけるグリーンレーザによる河川測量

グリーンレーザの測定原理は航空機から、水中を透過するエネルギーの強いグリーンレーザと水面で反射する近赤外レーザを同時に照射し、その時間差から水深を算出するというものである（図1）。測定できる水深は、機器により異なり、機器の出力や河川の透明度などの影響を受けるが、通常は透明度の1～4倍程度である⁶⁾。吉野川の事例では水深6m程度まで測定できている⁴⁾。河川への適用可能範囲については、水質・透明度のほか地形など飛行条件の影響も受ける。これについては中村ら⁷⁾が詳しく報告している。

九頭竜川においては、植物の影響が小さくかつ降雪前の時期を狙って、平成28年12月4日に鳴鹿大堰の下流約11km（距離標18.0k～29.0k）の

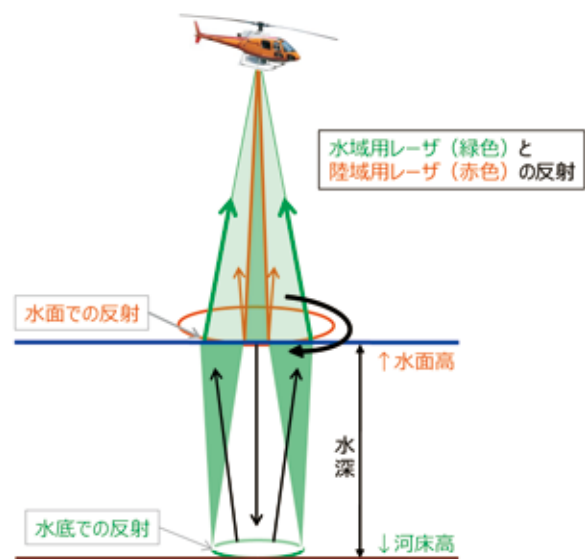


図1 グリーンレーザ（ALB）による測深イメージ

区間を測定した。航空機はヘリコプターを用い、グリーンレーザはライカ社の Chiroptera II という比較的軽量 (80kg) の機器を用いた。軽い機器、つまり小出力の機器の方が、単位時間当たりの計測回数が多いという利点があり、今回は水域の計測密度が 1 点 / m²、陸域で 10 点 / m² と、これまでの LP と比べて遜色のない密度で実施した (機器仕様の詳細は参考文献⁶⁾ を参照のこと)。

測定にあわせて、濁度、SS、透視度などの水質の測定、また精度検証用に 3 測線の従来測量も実施している。

3. 測定結果 (速報)

グリーンレーザの活用により、測定時間の大幅な短縮が可能であることが分かった。従来の測量で 14 日程度要していた測量は、約 2 時間の飛行で完了した。これまで深淺測量で必要であったボート上の作業もなくなり、業務の安全性も大幅に向上した。さらに河川内での作業がほぼないため、発注者・受注者の関係者らとの調整も大幅に軽減され、自由な工程設定に貢献した。

観測の欠測率 (速報値) は陸域で 1.70% (最大 2.80%)、水域で 10.09% (最大 13.67%) と制限値の 15% を大きく下回った。九頭竜川の水深は 4m ほど (透視度 100cm 以上、濁度 1 以下) であるが、今回の測量では問題なく測定できている。切り立った河岸などでは欠測率が上がる傾向があるが、河岸形状はおおむね把握できており、地上での補助的な測量が必要かどうか検討中である。

グリーンレーザの測定結果例を図 2 に示す。ここでは、国道 8 号の福井大橋から現在架橋中の北陸新幹線新九頭竜橋 (仮称) 付近までの縦断方向 1600 m 程度の範囲である。図は、上から航空写真、地表面の高さを示した DSM の赤色立体地図、地表面から植物や橋梁などを除いた DEM から作成した比高図である (水面高さを 0)。この比高図から、グリーンレーザにより水中の地形が手に取るように把握できることが分かる。図 2 (下) より淵の形状、橋梁周辺の地形、ワンドの形状や水深分布など、これまで目にすることが出来なかったものが、わかりやすく、かつ定量的に表現されている。また赤色立体地図から樹木の分布などもよく把握できる。河川管理者であれば、これらの図からだけでも多くの情報を読み解けるはずである。

精度検証用に地上測量を実施した 18.8k 地点のグリーンレーザと従来測量の横断図の重ね合わせ結果を図 3 に示す。詳細な精度検証は実施中であるが図から問題なく横断が再現されていることが分かる。植生によって被覆されている部分についても、完全に覆われていなければ、10 点 / m² と高密

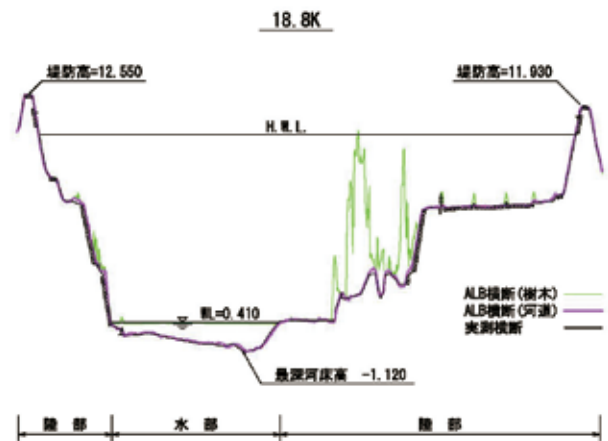


図3 H28 グリーンレーザと実測の比較 (18.8k)

度で測定しているため、陸上部を適切にとらえられている。水中部についてはソナーとの比較であるが、ほぼ同等の結果を示しており、ソナーカーレーザの誤差かは判断の難しいところである。緑の線で示したのは樹木などの植生で、グリーンレーザなど LP を使うことにより、従来の横断測量では測定していなかった樹木の分布や高さについて詳細に把握できることが分かる。

4. 河川管理への活用

今回の測量は、河川定期縦横断測量の一環であり、まずはグリーンレーザの結果から従来通りの横断図が得られることを確認することが第一目標である。次のステップとしては、グリーンレーザの特性を生かした河川管理への応用を検討することである。ここでは、グリーンレーザや LP の活用方法として考えられる例を以下に述べる。

① 河岸浸食や護岸前面の深掘れの把握

水中部の詳細な地形を把握することにより、河岸浸食の状況や護岸前面の深掘れの状況などが定量的に把握できる。これらの経年的な変化を比較することにより容易に定量的な変化を捉えることができる。

② 流下能力の検討

従来は 200m ピッチだった測線が任意に設定できることにより、地形の複雑さに応じた測線の設定が可能となり、これまでより精度の高い流下能力の検討が可能となる。深掘れなど局所的な水理検討にも活用できる。

③ 樹木管理

LP データを用いることにより、樹木や植生の状態を詳細に把握することが可能である。樹木の分布、高さはもちろんのこと、樹木の密度や場合によっては群落構造なども把握できる。これにより樹木の成長速度や河積の阻害状況を把握でき、樹木の伐採計画をより高度なものにする

ことができる。

流下能力検討時の透過係数もより正確に設定できるであろう。水理計算における樹木の流水阻害への影響をこれまで以上の精度で見積もることにより、効果的かつ効率的な治水事業に貢献することができる。

④ 河川環境への応用（生息場の把握）

河川生物の生息はハビタットにかなり制約されるので、グリーンレーザにより生息場が定量的に把握されると河川生物の理解は飛躍的に進むことになる。河川生物の生息を制約する要素として水深 H 、流速 V 、水温 T 、河床の粒径 d を考えると各地点の水深 H は正確に把握できる。 V についても正確な地形から平面二次元計算などを行えば各地点の V が推定できる。水温については二次元的であれば、航空機にグリーンレーザと同時にサーモグラフィカメラを搭載し測定すれば面的に把握することは難しくない。粒径についてはある程度写真からの目視判別も可能であるが、現状では地上踏査をするか、土砂水理学的に推定するしかないであろう。今後の技術開発が待たれる。

最近、研究開発が進む生息適地モデルの物理パラメータとしてグリーンレーザの観測結果が大いに活用できる。九頭竜川においてはアラレガコ（アユカケ）の生息ポテンシャル推定やサクラムスの越夏場所である深い淵の分布などの評価に活用する予定である。

⑤ 橋梁の管理（道路管理への活用）

グリーンレーザは斜めに照射するため橋脚周りの局所洗堀についても把握できる。これは橋梁の維持管理、つまり道路管理にも資する情報となる。

⑥ i-Construction への活用

グリーンレーザの成果を活用することにより、i-Construction をさらに進めることができる。その一例をあげると工事箇所毎において設計段階で実施する測量であるが、出水などによる大きな河道の変化がなければ、グリーンレーザの成果を活用することができ、工事箇所毎に実施する測量を省くものである（もちろん河道掘削等の水中施工も問わない）。これにより調査・測量段階における省力化に寄与するものである。さらにはそのコスト縮減も注目される。事務所の今年度の発注工事の 1 ケース（延長約 0.5km の河道掘削工事）によると測量コストを 9 割程度削減できる試算となった。

⑦ 県管理河川への適用

九頭竜川における測量コストはおおむね従来の測量と同程度であった。しかも、今後機器のさらなる価格低下や分析ソフトの効率化などによりコストは下がっていくと考えられる。したがって、多くの直轄河川においては、コスト面からは問題なくグリーンレーザの活用が可能と考えられる。一方、県管理などの河川においては、直轄の定期縦横断測量に合わせて測量を実施することが考えられる。航空測量の場合、飛行機を飛ばすこと自体にコストがかかり、その範囲を広げることや分析作業は大きなコストとならない。したがって、直轄と県で情報交換を密にし、直轄の飛行に合わせて測量することをお勧めする。

5. おわりに～世界最先端の河川管理を目指して～

ここでは、グリーンレーザ (ALB) という新しい機器により河川測量が大きく変わりつつあることを紹介した。本手法は新しい技術であり、まだ技術的な課題も残る。具体には河川定期縦横断測量のうち、横断測量の代替としては精度を有しているが、より精度の高い測量が必要な縦断測量としては不十分である。また、水深や濁度の影響を受けるため条件によっては最低限の深浅測量（補測）が必要である。このような改善すべき課題は残るものの、グリーンレーザは新しい河川測量手法として実践的に活用できるレベルにあり、安全で環境の豊かな川づくりに資することは間違いない。グリーンレーザを活用し世界最先端の河川管理を目指していきたいと考えている。

【参考文献】

1. 藤田、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, vol.5, 12-15, 2006.
2. 戸澤ら、航空レーザ測深機のテスト飛行について、海洋情報部技報 vol.22, 1-6, 2004.
3. 小澤ら、ALB（航空レーザ測深）の河川測量への適用、先端測量技術 106 号, 72-82, 2014.
4. 岡部ら、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, 55-60, 2014.
5. 今井ら、レーザプロファイラを用いた河川定期横断測量への適用可能性と今後の展望、土木技術資料 57(7), 26-29, 2015.
6. 大鋸ら、世界最小の航空レーザ測深機 (ALB) による高密度計測と陸上計測の実験と利活用場面の想定、先端測量技術 107 号, 73-85, 2015.
7. 中村ら、河川における航空レーザ測深技術の適用可能範囲推定方法の開発、写真測量とリモートセンシング 53(5), 213-218, 2014.