

航空レーザ測深（ALB）による 河川定期横断測量及び河床変動の把握

ふじた はると さの たきお なかむら あきひこ
藤田温斗¹・佐野滝雄¹・中村明彦²

1（株）アジア航測株式会社（〒215-0004神奈川県川崎市麻生区万福寺1-2-2）

2（株）アジア航測株式会社（〒462-0825 愛知県名古屋市北区大曾根3-15-58）

河川定期横断測量は、実測による計測が主流となっているが、代替手法として、実測と比較して効率性や安全性に勝り、水陸一体の面的な地盤高データが取得可能な航空レーザ測深（ALB）の適用性を調査することを目的とした。検証方法は姫川直轄管理区間の横断測量成果をALBとの比較検証の対象として、H. W. L以下の断面積を比較した。検証の結果、ALBの河川定期横断測量への有用性が確認できた。併せて、我が国で初めて直轄管理区間全域について、水陸一体の面的な河床変動解析を実施したところ、河床変動把握への有効性が示されたので報告する。

Key Words： 航空レーザ測深（ALB）、河川定期横断測量、河床変動

1. はじめに

河川定期横断測量データは河川管理を行う上での重要な基礎情報である。しかし、現地での測量作業に多くの労力を要する一方で、横断測線が概ね200mピッチであるため横断測線間の河床形状が把握できないという課題があった。そこで、近年急速に普及しつつある航空レーザ測深（以降ALBと記載する）により水陸一体の地盤高データを取得し、実測による横断測量結果と比較することで、河川定期横断測量へのALBの適用性を検証した。また、2時期のALBデータによる面的な河床変動の把握についても検証したので、それらの結果と今後の展開について報告する。

用して、直接水準にて標高値を取得する。水深1m以上で徒歩観測が困難な測線は、水面の左右岸に水際杭を設置し、ワイヤーロープを張ることで測線を設定し、ゴムボートで移動しながら測線上の水深値を測定する。作業の間隔は概ね200mピッチで実施しており、地盤高は約5mに1点計測する。従来手法は観測箇所の精度は高いという利点がある一方、課題としては徒歩観測や船上作業で多大な労力を要することや、作業に危険が伴うこと、作業に大幅な時間を要すること、取得データの同時性確保が困難なこと、現地立ち入りの制約があること、測線間の土砂収支や測点間の局所的変化の把握が難しいこと等が挙げられる。

2. 河川定期横断

(1) 姫川（新潟県）の概要

姫川の河川勾配は国内屈指であり、洪水時のエネルギーは大きい。そのため滞筋や河床の変動が激しく、過去には局所洗掘により破堤するなど甚大な被害をもたらしている。洪水時の被害を最小限にするためにも適切な河川管理と、土砂動態を定量的に把握する必要がある。

(2) 従来手法（河川定期横断測量）

姫川における河川定期横断測量は、土砂動態を把握するために毎年実施されている。作業は、陸域及び水深が1m未満で徒歩観測が可能な測線については、距離標を起点にトランシット及びレベルを使

(3) 新手法（ALB）

ALBは、航空機に搭載したレーザ測距装置により、水底と地表面の三次元データを取得する計測手法である。陸域を対象とした従来型の航空レーザ測量と異なり、ALBでは浅水域も計測可能であることが大きな特徴である。陸域は従来の航空レーザ計測にも使用されている近赤外域レーザ（波長1,064nm）により、水域は可視域（緑色）レーザ（波長515nm）により、同時に計測する。

取得した地表面のデータは、0.5m×0.5m程度のグリッドデータとして整備される。また作業時間は1～2日と短く同時性が高いという利点がある一方、課題として、陸域では繁茂した樹木下までレーザが到達

しにくいことや、水域では濁りにより水底までレーザが到達しにくい場合があること、計測ノイズが多く除去処理に時間がかかることが挙げられる。

3. 河川定期横断への適用検証

(1) 計測（ALB計測・点検測量）

ALB計測は、レーザの植生繁茂状況や水質による影響を考慮し、融雪前の落葉期かつ透視度観測で水質状況が最善となった11月16日に姫川の直轄管理区間全域で実施した。また、データ検証のために11月22日に現地で横断測量を実施した。横断測線数については、「河川定期縦横断測量業務 実施要領・同解説、平成30年4月、国土交通省水管理・国土保全局」によれば、点検測量として“全横断面の5%の横断面について、再度公共測量作業規程第4編第3章に基づく手法”により測量（横断測量）を実施することとなっている。しかし新手法であるALBの河川定期横断への適用性検証のため、より多くのサンプルから検証することを目的として、点検測量率を10%とし、点検測線数は8測線とした（72測線×0.10=7.2測線⇒8測線）。また実施箇所は、植生繁茂状況や全体バランス等を考慮して選定した。

(2) 点検測量との比較検証

検証は点検測量を実施した8測線を対象に、実測標高値とALBによる標高値の較差を求めて平均二乗誤差（RMSE）を算出することで精度検証を行った。標高値の較差は、実測標高値を取得した箇所全点を対象として、実測横断の標高点にもっとも近い航空レーザ測量値（0.5mDEM）との差を算出した。較差は地被状態の異なる5項目において実施しているが、どの地被状態においても、「較差（絶対値）の平均値」は20cm以内となった（表 1）。なお、8測線の地被状態の比較の詳細については、次の通りである。

「法面」は切土や盛土により作られる人工的な斜面を指し、絶対値の平均は最大で11.5cmとなった。

「天端」は堤防の上面を指し、絶対値の平均は最大で5.5cmとなった。

「高水敷」は、常に水が流れる低水路より一段高い部分の敷地を指し、絶対値の平均は最大で14.7cmとなった。

「砂州・低水路」は平常時に水の流れている部分を指し、絶対値の平均は最大で8.3cmとなった。

「水部」は河川の水底を指し、絶対値の平均は最大で18.9cmとなった。

表 1 各測線の地被状態別較差

対象断面	法面	天端	高水敷	砂州・低水路	水部
姫川 0.4k	6.3	5.1	2.5	3.3	9.3
姫川 1.6k	4.2	1.1	1.8	4.9	12.9
姫川 3.8k	4.3	1.2	8.9	3.2	11.0
姫川 4.0k	6.1	0.9	7.9	3.3	18.9
姫川 5.2k	4.5	0.7	14.7	4.5	9.8
姫川 6.4k	3.5	4.1	10.7	8.3	8.4
姫川 8.6k	9.7	—	9.3	5.1	6.0
姫川 9.6k	11.5	5.5	8.6	5.2	3.1

また、横断図を確認すると6.4kにおいて、ALB横断と実測横断の最深河床高（水深0.93m）がほぼ一致となるなど、ALB計測時の水質を考慮した効果が表れたが、植生については、その影響を排除しきれなかった（図 1）。一方で水部における格差が大きくなった1.6k、4.0kはALBで河床面を捉えきれず、未測が発生した。1.6kでは左岸側の滞筋で未測が発生しているが、発生要因としては、左岸側の仮締切で水が溜まっている状態にあり、ここから濁水が滞筋に流出したことに起因すると考えられる（図 2）。

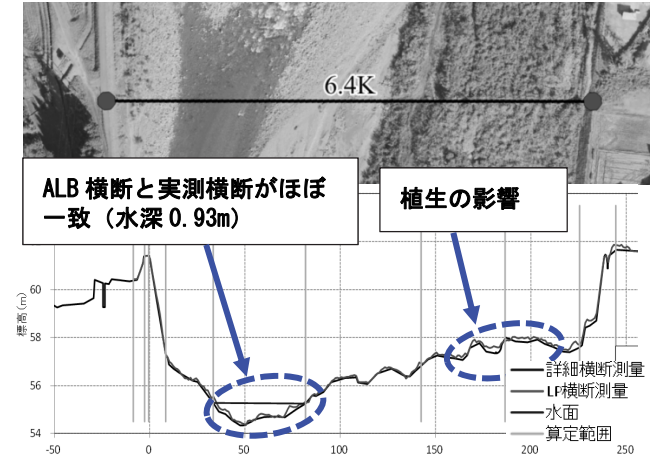


図 1 ALB横断と実測横断の比較検証（6.4k）

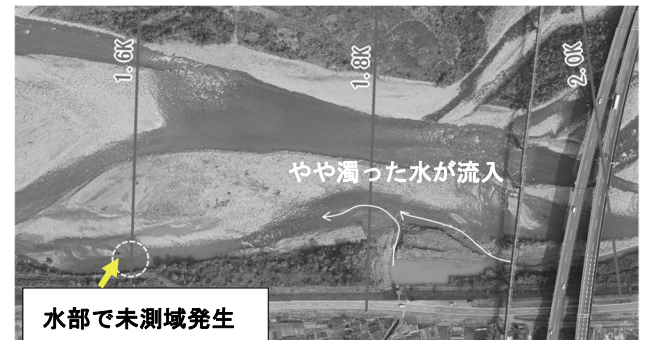


図 2 濁水の流入箇所（1.6k～2.0k）

なお、実測横断とALBからの切り出し横断でH.W.L（計画高水位）以下の断面積（河積）を比較した結果、実測横断に対してALBは約98%が確保された（表 2）。

表 2 各測線の河積の検証結果

対象断面	実績(m2)	ALB(m2)	比率(%)
姫川 0.4k	881.7	863.8	97.97
姫川 1.6k	1345.1	1331.7	99.01
姫川 3.8k	1157.5	1129.6	97.59
姫川 4.0k	1208.8	1188.3	98.30
姫川 5.2k	1292.9	1270.3	98.25
姫川 6.4k	924.5	901.9	97.56
姫川 8.6k	1319.9	1282.2	97.15
姫川 9.6k	1334.3	1292.3	96.85
平均			97.83

(3) 検証結果

水域における未測、植生等の影響が一部にみられたが、河積は実測の約98%が確保され、おおむね良好な結果が得られた。また、計測に要する労力の比較においては、実測による作業では1ヶ月以上を要するが、ALBでは計測が2日、点検測量が3日程度となり、大幅に削減された。これらの結果からALBの河川定期横断測量への有用性が確認できた。なお、水深の大きい箇所などで一部に未測域の発生が見られたことから、河川定期横断測量にALBを本格適用する際には、次に示す点に留意した点検測量が必要である。①点検測量率を強化する。②点検箇所は水深が大きい滞筋や水衝部など河川管理上重要度の高い測線を選定する。③上空からでは未測となりやすい橋梁下を選定する。④点検箇所で水底の未測が確認された場合は、速やかに補備測量を実施する。

4. 土砂動態への適用性検証

(1) 従来手法

河川定期横断測量のデータ（200mピッチ・平均断面法）を使用し、平成29年度及び平成30年度の2時期の横断図を重ね合わせ堆積量及び侵食量を算出した（図3）。その結果、土砂収支は約2.6万 m^3 堆積となった。

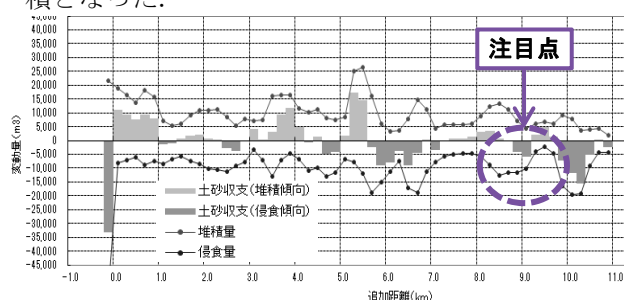


図3 定期横断による河床変動グラフ

また、陸域のみを対象とした従来の航空レーザ測量では水面を地形扱いとして0.5m×0.5mに1点の地盤高データが取得されており、平成29年度及び平成30年度の2時期の差分解析を実施することで0.5mメッシュごとの堆積量及び侵食量を算出した（図4）。その結果、土砂収支は約0.7万 m^3 堆積となった。

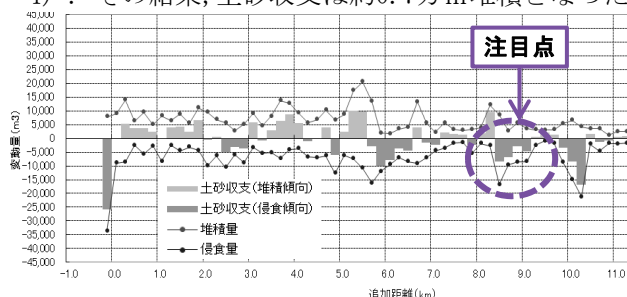


図4 従来の航空レーザ測量による河床変動グラフ

(2) ALB

平成30年に加え、平成29年に取得したALBデータを利用し、我が国で初めて直轄管理区間全域について、水底の地形も含めた面的な河床変動解析を実施

した。その結果、土砂収支は約8.8万 m^3 侵食となった。

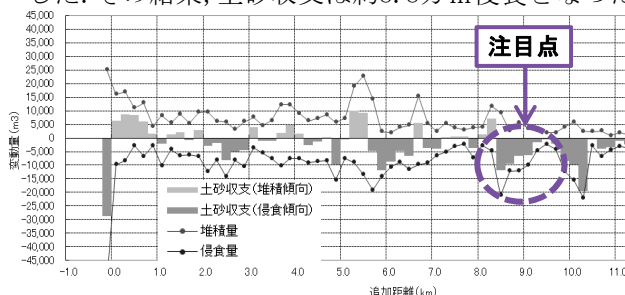


図5 ALBによる河床変動グラフ

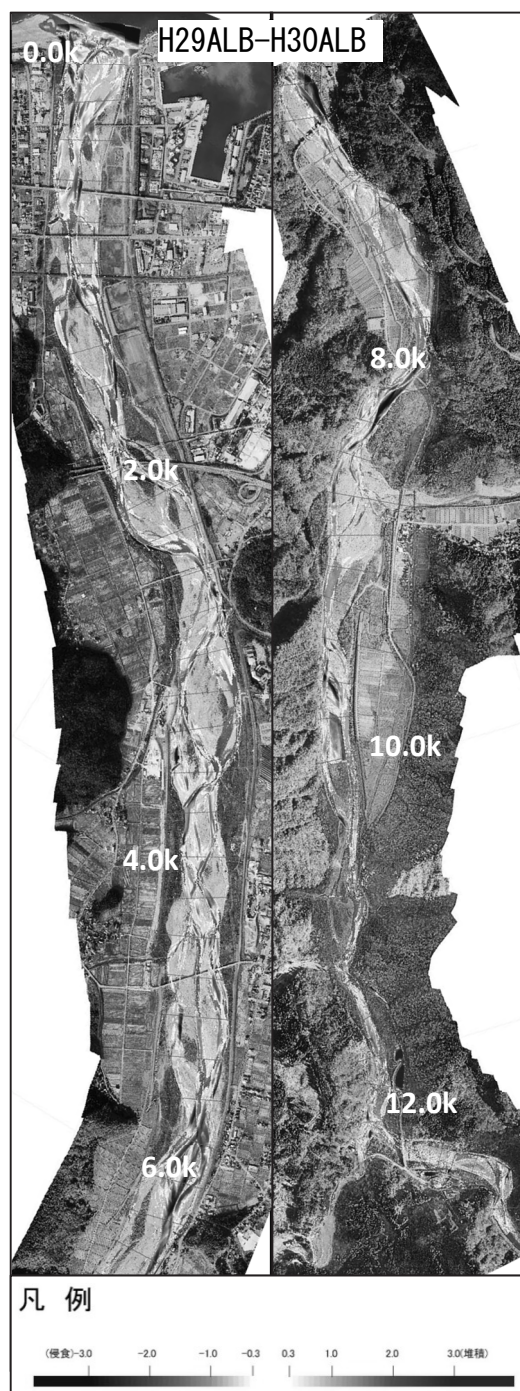


図6 ALBによる標高差分図直轄管理区間全域

(3) 検証結果

従来手法とALBの結果が大きく異なった要因としては、定期横断では横断測線間の河床変動が反映できないことや、横断測線箇所の河床変動量に左右されること、従来の航空レーザ測量では水面下の計測が出来ないことなどが考えられる（図 7・図 8）。

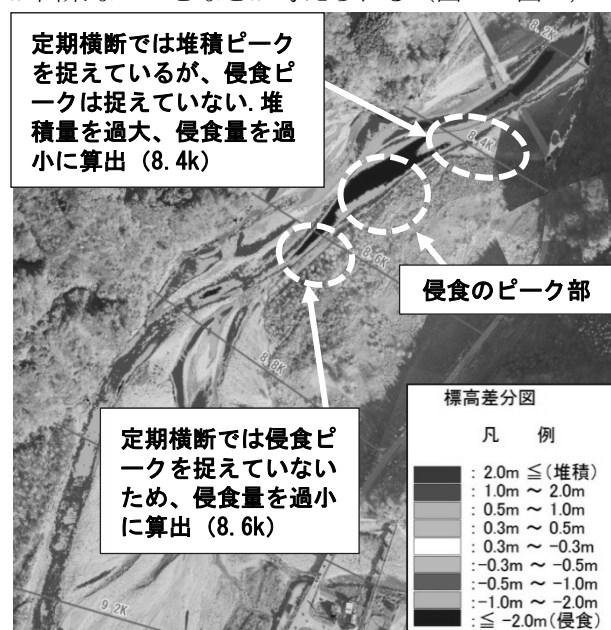


図 7 ALBによる標高差分図（河床変動：H29-H30）

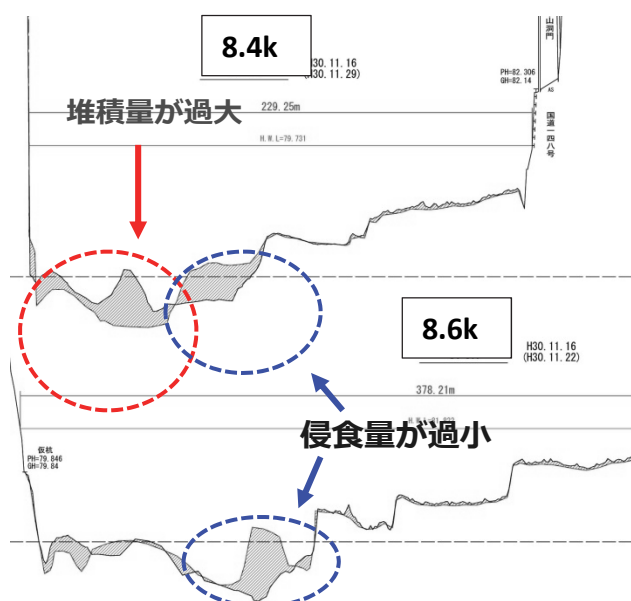


図 8 河床変動横断図（H29-H30・8.4k～8.6k）

以上の検証結果から、ALBの適用によって、従来手法では捉えられなかった水面下を含む面的な地盤高データにより、正確な河床変動が把握できることが示された。

5. 今後の展開

河川定期横断測量へのALBの適用が全国の河川に広がることにより、河床変動のみならず、堤防形状や深掘れ箇所などの面的な把握が可能となる。また、

河川定期横断測量だけでなく水深分布や水面勾配分布（図 9）から詳細な瀬淵区分図（図 10）を作成し、河川環境管理に資する資料作成など、i-Constructionが志向する3次元的な河川管理につながることを期待される。

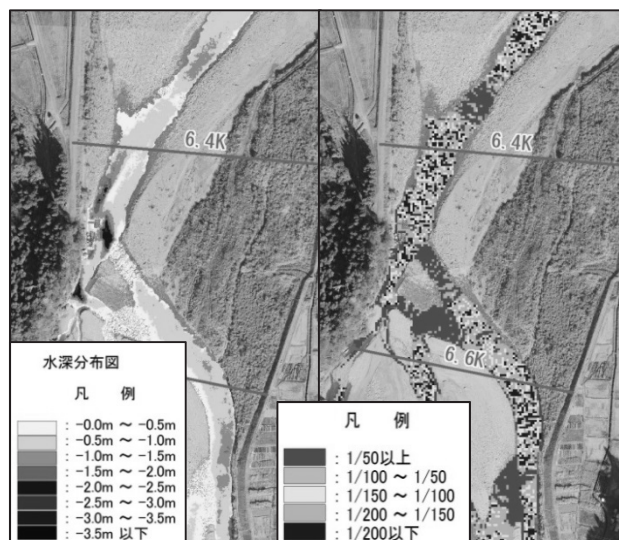


図 9 左：水深分布図 右：水面勾配分布図

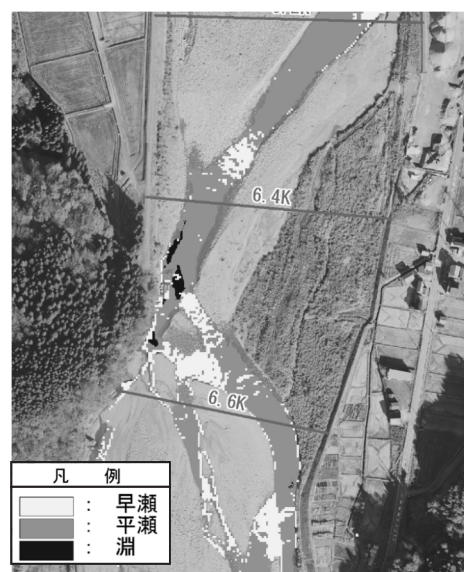


図 10 瀬淵分布図

6. 参考文献

- 1) 吉田俊康, 横山貴宏, 米田一也：姫川における航空レーザ計測を活用した土砂動態の把握について，平成 27 年度北陸地方整備局事業研究発表会，<http://www.hrr.mlit.go.jp/library/happyoukai/h27/A>, 2015, 3.
- 2) 佐野滝雄, 中村明彦：平成26年度姫川航空レーザ計測業務，アジア航測技術報2016, pp. 110, 2016.
- 3) 国土交通省北陸地方整備局高田河川国道事務所，<<http://www.hrr.mlit.go.jp/takada/river/himekawaseibi/iinkail/agl-tmp-1.html>>2019年8月1日にアクセス