

## 3D レーザスキャナーによる常呂川河岸浸食の継続計測

Successive measurements of channel evolution in Tokoro River using a 3D laser scanner

(株)北開水工コンサルタント ○正会員 佐々木章允 (Akiyoshi Sasaki)  
 (株)北開水工コンサルタント フェロー 長谷川和義 (Kazuyoshi Hasegawa)  
 北見工業大学 社会環境工学科 正会員 渡邊康玄 (Yasuharu Watanabe)

## 1. はじめに

北海道では昨年、8月～9月にかけて台風7号、11号、9号が相次いで上陸し、堤防の決壊や越流等の甚大な被害をもたらした。また、多くの河川で河岸浸食が多数確認されており、河岸浸食の実態を把握することは河川管理を行う上で重要である。そのためには、出水前後の地形変化を把握する必要があるが、現状の調査(測量)方法には課題もある。

定期横断測量や航空写真撮影は一般的に数年に1度、もしくは大規模出水後に実施されるため、小・中規模の出水による地形変化を把握することは困難であり、横断測量では河川の縦断方向に一定の間隔で測線を設定して行われるため、距離標間の詳細な変化を把握することも困難である。また、航空レーザ測量は広範囲を計測可能であり、照射されたレーザが樹木や植生の間を通過して地盤に到達することにより、地盤データを計測することが可能である。しかし、融雪出水や小・中規模の出水はほぼ毎年発生するため、年に1～2回の計測を行うことはコスト面を考慮すると現実的ではない。

そこで、精度やコスト面を考慮し、河岸浸食箇所のオーバーハング地形も詳細に計測可能である、地上型3Dレーザスキャナーの使用を試みることにした。計測により得られた3次元の点群データを活用し、面的な地形変化の把握や浸食・堆積土量を算出することで出水による河岸浸食の実態の把握が可能になる。

本研究では、常呂川中流域の左岸側に砂州の発達・移動が見られ、右岸側に進行中の河岸浸食が確認されるKP15.8付近を調査対象として、地上型3Dレーザスキャナーを使用して得られた3次元データから詳細な地形変化の把握を行い、出水による河岸浸食の進行の実態を調査した。

## 2. 既往データ整理

## 2.1 調査地点地形の変遷

Google Earthから取得した平成17年～平成28年(平成17、23、24、26、28年の6年分)の航空写真画像(図-1)と、定期横断測量の断面データから常呂川KP15.8近傍の地形変化を把握した。

平成17年12月と平成23年8月を比較するとKP15.7～15.9にかけて右岸側の河岸浸食が進行している。KP15.7付近では平成24年5月から平成26年6月にかけても河岸浸食が進行しており、同時に左岸側の砂州も拡大し、下流側へ伸びている。平成28年9月は既往最大規模の出水の影響もあり、KP15.4～15.6の左岸側で



図-1 常呂川 KP15.0～16.0 航空写真  
(平成17年～平成28年: Google Earth)

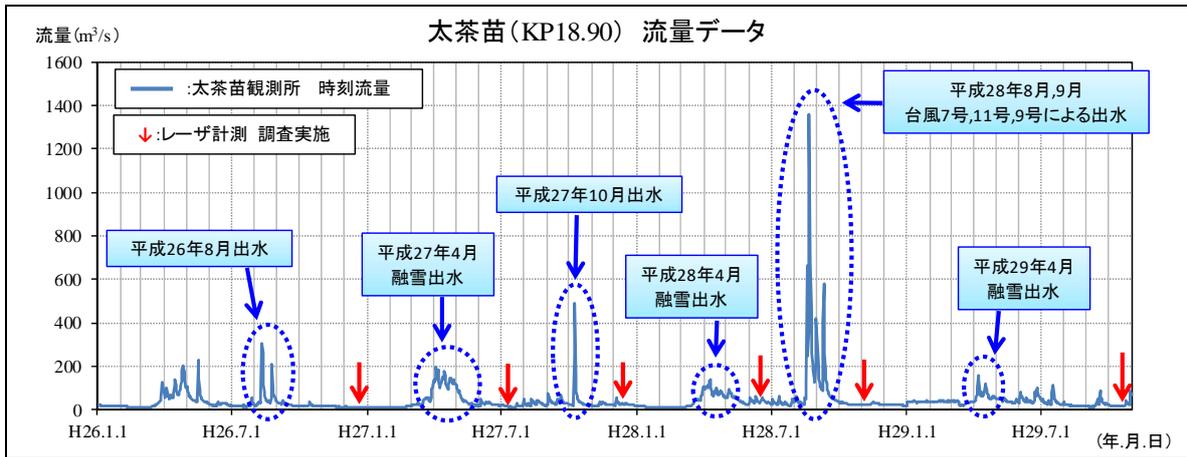


図-2 常呂川 太茶苗水位観測所 流量データ (平成26年1月～平成29年10月)

も河岸浸食が確認できる。KP15.7～15.9 の右岸側と同様に KP15.4～15.5 の左岸側でも今後河岸浸食が進行すると思われる。

### 2.2 流量データによる既往出水の把握

調査対象箇所である常呂川 KP15.8 付近に最も近い、太茶苗水位観測所 (KP18.90) の時刻流量データを用いて、調査開始前から現在までの出水履歴を図-2 に整理した。流量データは平成27年以前のは水文水質データベースの確定値、平成28年以降は暫定値を使用した。

平成28年8～9月の台風7号、11号、9号による既往最大の大規模出水の他、平成27年10月、平成26年8月にも比較的規模の大きな出水が発生している。また、毎年のように4月に融雪出水が発生しており、夏季出水と同様に河道内の地形変化を引き起こしていると考えられる。

## 3. 3D レーザ計測による河岸浸食の実態

### 3.1 調査概要

調査は常呂川中流域の KP15.8 付近の左岸砂州及び右岸の河岸浸食範囲を網羅する範囲で平成26年12月～平成29年10月の期間内で計6回 (調査日は表-1 に記載) 行った。近年は左岸の砂州や右岸の河岸浸食範囲が下流へ移動しているため、調査範囲を KP15.4 付近まで拡大している。

### 3.2 調査方法

調査対象範囲の調査には、RIEGL社の地上型3Dレーザスキャナー「VZ-1000」 (写真-1) を使用し、地上レーザ測量 (Terrestrial Laser Scanning: 以下 TLS) を行った。機器の主な仕様を表-2 に示す。

計測は調査範囲内で地形変化や植生状況等を考慮して、4～6 計測を行った。公共座標 (X,Y) 及び標高 (Z) を持つ標定点を同時に計測することで、計測した点群データへ X,Y,Z の値を与えた。1 計測毎のデータに公共座標を与えることで、データ合成後の 1 計測毎の誤差及びデータ未取得部分 (地形の凹凸や物の影等) を最小限に抑えた。

表-1 調査実施と前回調査からの経過日数

回数	調査日	経過日数	対象出水
1回目	H26/12/16	-	-
2回目	H27/7/8	204日	H27 融雪出水
3回目	H27/12/8	153日	H27 夏季出水
4回目	H28/6/14	189日	H28 融雪出水
5回目	H28/11/4	143日	H28 夏季出水
6回目	H29/10/20	350日	H29 融雪+夏季出水

表-2 使用した3Dレーザスキャナーの機器仕様

RIEGL VZ-1000 機器仕様	
最長測定距離	1400m
最短測定距離	2.5m
精度	8mm
計測範囲	鉛直方向 100° (+60° /-40° ) 水平方向 360°
レーザークラス	レーザークラス 1 アイセーフ



写真-1 3Dレーザスキャナー

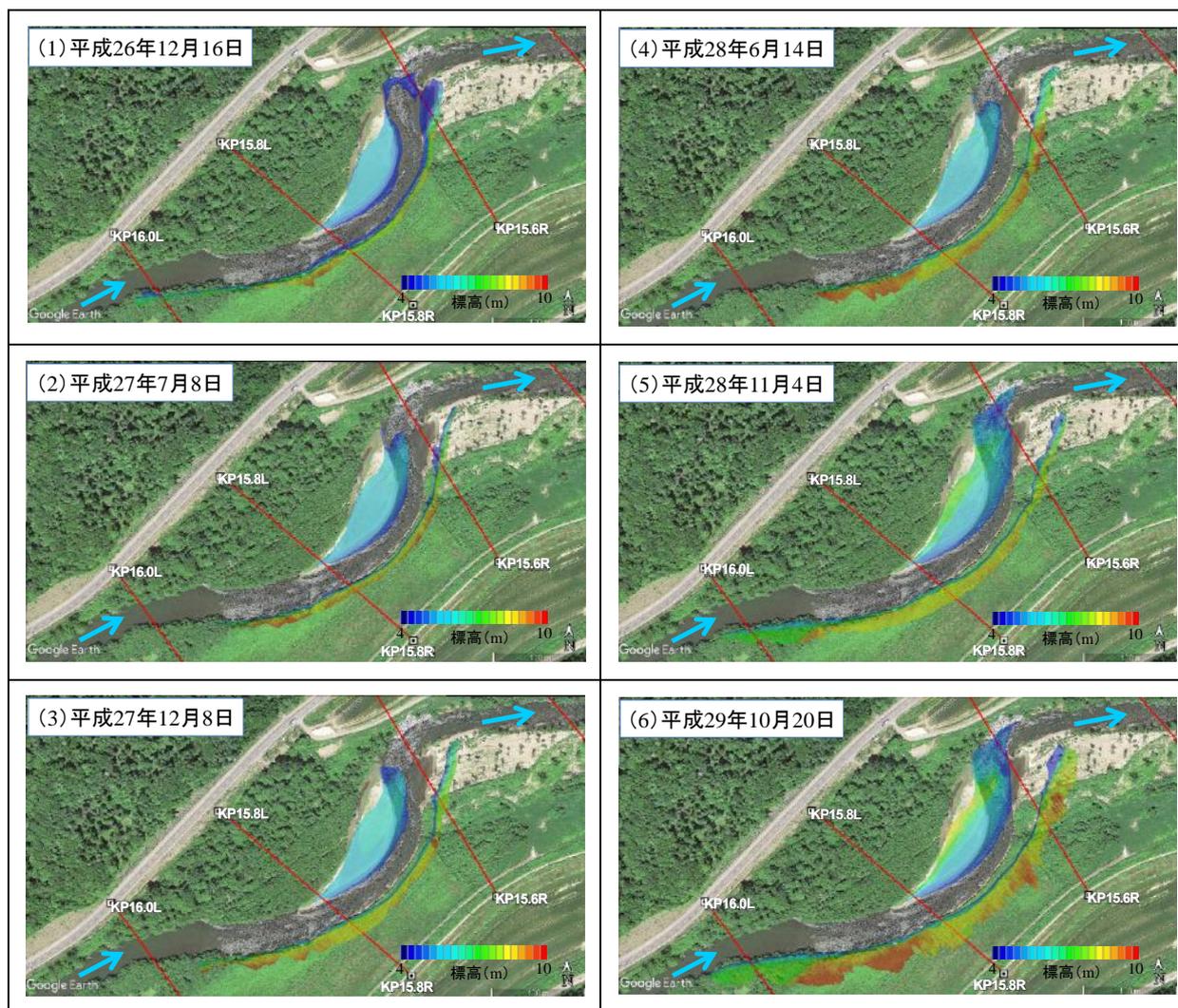


図-3 KP15.8 付近左岸砂州及び右岸河岸浸食の経年変化 (背景写真：平成 26 年 6 月 Google Earth 画像)

### 3.3 調査結果

TLS で計測した点群データから、空中に浮遊しているノイズ、人や車両、水面下のデータの他、樹木や草本類等のデータを除去し、地盤データを作成した。作成した地盤データを基に、面的、横断的な地形の比較を行うと共に、河岸浸食量と砂州への土砂堆積量を算出した。なお、TLS では水面下のデータ（水中の地形）を計測することが不可能なため、別途、深浅測量等で水中データの補足を行わなければならない。

また、調査対象の左岸側の砂州は植生密度が高く、地盤データの精度が低い箇所を除いた範囲の土砂堆積量を算出した。右岸側の河岸浸食は、調査開始時から河岸浸食の進行が確認されており、左岸側の砂州の対岸に位置する KP15.6～15.8 の区間の河岸浸食量を算出した。使用するデータは表-1の対象出水（平成27年,28年,29年の融雪、夏季出水）に示す出水前後の値とした。

### 3.4 計測データを用いた調査箇所の経年変化

左岸砂州（KP15.6～15.8）及び右岸河岸浸食範囲（KP15.6～16.0）の TLS による 3 次元データを調査開始前の平成 26 年 6 月の航空写真画像（Google Earth）に重ね、経年変化を把握した（図-3 (1)～(6)）。TLS の点

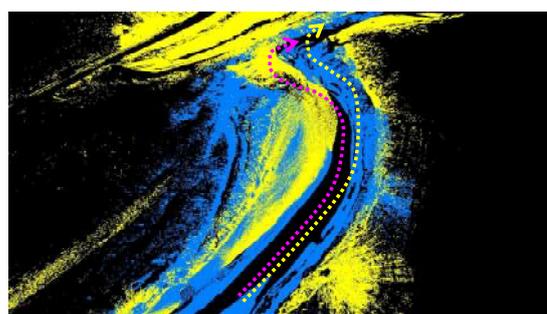


図-4 TLS による点群データ  
(青：H26年12月、黄：H29年10月)

群データによる河岸移動の把握例を図-4に示した。

①H26年12月16日はH26年夏季出水後であるが、写真との大きな変化は確認されず、出水の影響はほぼ無かったと考えられる。②H27年7月8日ではKP15.6付近で右岸側の河岸浸食が発生し、左岸側の砂州も下流へ移動している。以降、④H28年6月14日までは右岸の河岸浸食が徐々に進行しており、既往最大の出水後の⑤H28年11月4日は河岸浸食と砂州の移動が顕著に見られ、同時に左岸砂州上に多くの土砂が堆積した。⑥H29年10月20日も浸食や堆積が僅かに確認できる。

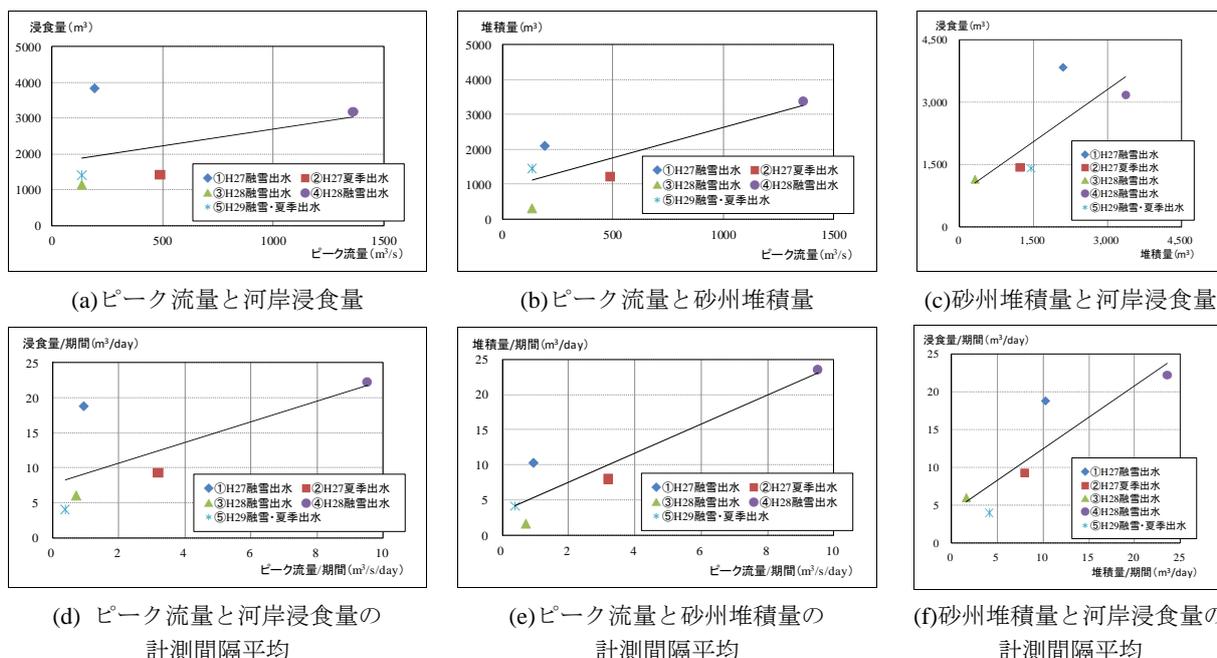


図-5 ピーク流量・右岸河岸浸食量・左岸土砂堆積量の関係  
(上段：ピーク流量、各土量の実数 下段：1日当たり（計測間隔平均）のピーク流量、各土量）

### 3.5 ピーク流量と浸食・堆積量の関係

河岸浸食及び砂州の土砂堆積の土量は、出水時のピーク流量が大きく影響していると考えられる。しかし、影響を与えるのはピーク流量だけではなく出水期間の長さも影響してくると考えられる。そのため、算出した河岸浸食土量、砂州への土砂堆積量とピーク流量そのものとの関係を見るとともに、それらを対象の調査日から前回調査日までの日数（計測間隔日数）で除した値においても関係を調べ考察した。図-5に出水時のピーク流量と右岸河岸浸食量及び左岸土砂堆積量、左岸土砂堆積量と右岸河岸浸食量の関係を示す。

ピーク流量が大きくなると浸食量、堆積量とも比例して大きくなる傾向がある（図-5(a),(b)）。これは浸食・堆積の規模がまずはピーク流量に支配されて生ずることを示している。しかし、平成27年融雪出水は他の出水に比べ、ピーク流量は大きくないが浸食量、堆積量共に大きくなっており、特にKP15.6付近の河岸浸食量が大きく算出されている。

また、計測間隔平均を考慮するとピーク流量と浸食量、堆積量の関係は、より相関性が高くなる傾向にある（図-5(d),(e)）。これは、浸食・堆積現象が平常時の流れによっても規定されていることを意味している。また、図-5(f)に見られるように、計測間隔平均の河岸浸食量と砂州上堆積量が最もまとまった関係を示しており、砂州上の堆積が対岸の浸食と強く関係していることを示唆する。

最近、山口ら<sup>5)</sup>は出水時の砂州への土砂堆積により砂州が拡大し、その対岸が浸食されることを実験などで詳しく調べている。本研究の結果は、これらを実際河川で裏付けたものとなっている。土砂堆積による砂州の拡大とその対岸の河岸浸食は1度の出水で同時に進行していくと考えられる。また、浸食された土砂が下流側の砂州

に堆積することによって、砂州の拡大を引き起こし、対岸の河岸浸食を誘発するとされているため、今後はKP15.6～15.8の下流に位置するKP15.4～15.6も対象として継続的な調査を行う必要があると考えられる。

### 4. おわりに

本研究ではTLSを用いて詳細な3次元データを計測し、3次元データから出水による詳細な河岸浸食と砂州の土砂堆積の関係について検証を行った。

調査箇所では現在も河岸浸食が進行中だが、近年は下流の対岸の河岸浸食も進行してきているため、今後も調査を継続し、調査範囲を拡大することも検討する必要がある。また、理論解析や数値計算（シミュレーション）を行い、出水による河岸浸食の予測等を行っていきたい。

**謝辞：**既往の水位、流量、測量データを使用するにあたり、北海道開発局網走開発建設部よりデータ提供をして頂いた。ここに記して謝意を表す。

### 参考文献

- 1) 気象庁 災害時気象報告：平成28年台風第7号・第9号・第10号・第11号及び前線による8月16日から8月31日にかけての大雨及び暴風等 H29.1.18
- 2) 常呂川堤防調査委員会 報告書, H29.3.
- 3) 佐々木章允・渡邊康玄：常呂川における地形と植生による土砂輸送への影響, 土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.67, No.4, I\_889-I\_894, 2011.
- 4) 水文水質データベース：国土交通省 <http://www1.river.go.jp/>
- 5) 山口里美・久加朋子・清水康行・泉典洋・渡邊康玄・岩崎理樹：河道内の土砂動態と流路変動の関係, 土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.74 (投稿中)