

# 3D スキャナー、魚群探知機、ドローンを活用した 河道地形と植生環境の計測手法の確立

理工学域・工学系 安達 貴浩

## 1. はじめに

土砂の堆積によって河道の流下能力が低下すると、洪水発生時に氾濫の危険性が高くなる。また、高水敷に植生が繁茂すると、植生により土砂がトラップされ、流下能力はさらに低下する。加えて植生による流体抵抗により、河道の流下能力の低下は一層加速される。以上のことから、河道の横断地形そのものに加え、地形形状の変化や植生の繁茂状況を適切に把握することは、河道管理において重要な要素となっている。一級河川では、河道形状が定期的に計測されているが、二級河川においては、河道形状の計測がなされていない河川も少なくない。また、河道形状は、河岸の植生を伐採した後に計測されるのが一般的であるが、この点が、河道地形の変化の動態を把握する上で大きな支障となっている。また、植生高は時々刻々と変化することもあるので、できるだけ労力のかからない測量手法の確立・適用が望まれる。

以上の点を踏まえ、本研究では、3D スキャナーならびにドローンを用いて、河道の地形変化ならびに植生の繁茂状況を、効率的かつ高精度に計測する手法を確立することを目的としている。鹿児島県には、160水系の二級河川が存在し、昨今、水位の計測は重点化が図られている。しかしながら、離島をはじめとして、水害リスクが高い河川であっても、河道地形について計測がなされていない河川は数多い。緻密な河道計画や治水計画を実施するためには、河道の地形の変化や植生の繁茂状況の把握が不可欠な要素であることから、本研究は、正に鹿児島県という地域固有の防災課題解決に寄与する内容である。

## 2. 植生が流れや河道地形に及ぼす影響の具体的事例

例えば、川内川の菱刈地区では、植生の存在により、洪水後に高水敷に土砂が堆積し、場合によっては樹林化することが知られているが、このような植生の影響は、力学的根拠に基づいた数値計算でも確認することができる。図-1のような河道横断面と水理条件をもつ直線水路に対して、流れと河道地形を植生の有無により比較すると、植生が存在する場所では、植生の抵抗により流速が遅くなり、結果的に、ウォッシュロードが河床に堆積していることが分かる(図-2, 3)。植生の抵抗は、抵抗係数としてモデル化されているが、その評価において、植生高が重要な指標として用いられる。ちなみに、本計算において、掃流砂による土砂輸送については、芦田・道上モデルによって評価されている。

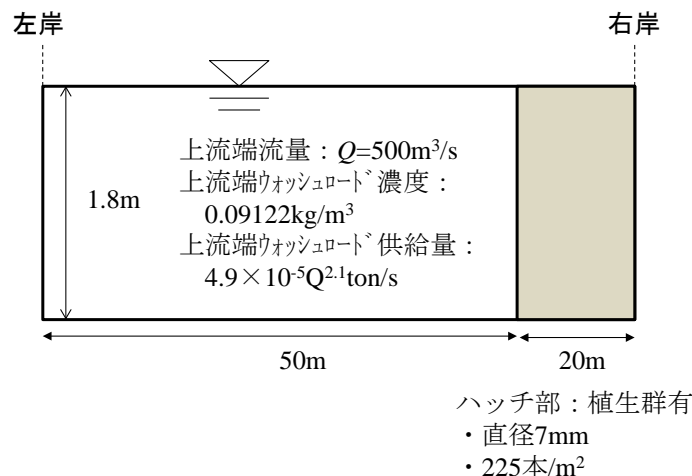


図-1 計算領域の横断面図 (植生あり)

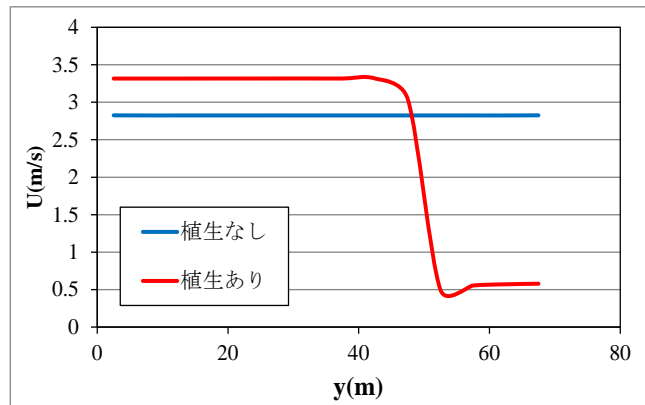


図-2 植生の有無による流速の流下方向成分  $U$  の比較（表層流速）

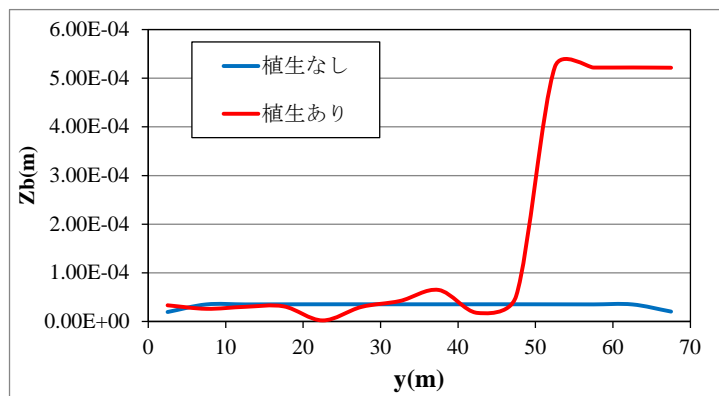


図-3 植生の有無による河床高の比較

### 3. 3D スキャナーによる地盤高と植生高計測に関する既往の知見

3D スキャナー（写真-1）は多数のレーザーを発し固体面からの反射を利用して距離を計測することから、植生群に対しレーザーを放射した場合、一部のデータは植生上端での反射を表し、一部のデータは地盤からの反射を表すことになる。このため、3D スキャナーを有効活用することにより、植生を伐採することなし、地盤高と植生高を同時に計測できる可能性が想定される。このような観点から、申請者によって、いくつかの取組が実施されているため、その結果を以下に示す。

- 1) 後述するように、3D スキャナーの距離の測定精度は、公称精度で $\pm 2\text{mm}$ である。
- 2) 直径 6mm、高さ 59cm の円柱を等間隔に配置した植生模型を作成し、その粗密や計測器との距離を変化させる基礎的な実験が実施された。この結果、測定領域を適当なグリッドで分割し、各グリッド内で最大と最小の標高差を取ると、データ数の密度が  $1300/\text{m}^2$  であれば、その差は、植生高とほぼ一致することが確認されている。
- 3) データ数の密度が極端に低くなると（ $500$  個/ $\text{m}^2$  以下）、上記の手法で、植生高を推定できないが、これは、植生模型では植生設置の間隔が均一であり、実際は空間があっても、角度によっては全く地盤が見えないという状況に起因することが確認されている。
- 4) 川内川・東郷橋周辺で、3D スキャナーによる植生高推定の現場実証試験が実施され、直接計測された数地点の植生高を 3D スキャナーは、比較的正確に推定できることが確認された。ただし、この調査において地盤高を正確に計測できるかどうかについて検討は行っていない。また、植生高の計測についても、計測地点が限られていた。
- 5) 計測条件によって精度は変わってくると考えられるが、鹿児島大学構内で実施した実験によると、標高の再現性は 2cm 程度の範囲に収まり、それを超える 20cm 程度の地形の変化は容易に抽出可能であることが明らかになっている。このように、3D スキャナーの高い再現性が確認されている。なお、この実験で、実河川で地形変化を抽出する場合には、抽出したい空間スケールを定めた上で、3D スキャナーの設置位置や高さを決める必要があることが分かった。



写真-1 3D スキャナー

#### 4. 現地調査の内容

##### (1) 調査の概要

2019年6月24日に、川内川流域の東郷橋周辺で調査を実施した。現地調査においては、トータルステーション（TS）を用いて、河岸の118地点において地盤ならびに植生天端の標高を測量し、河道の地盤高と、植生高のデータを取得した。

また、ドローンを用いて、標高を計測するとともに、植生帯の存在状況を把握した（写真-2：現地の様子）。これらのデータを参照データとして、3D スキャナーを用いた地盤高と植生高の同時計測を試みた。なお、本調査においては、観測領域内に設けた基準点の標高を原点とし、標高を定義している。



写真-2 ドローンによる撮影結果の一例（上が右岸側）

##### (2) 3D スキャナーについて

検討対象とした3D レーザースキャナーはFARO社製のFocus3DX330 HDRである。本計測機器は連続的にレーザーを放射し（垂直視野300°、水平視野360°、ステップサイズ（空間分解能）0.009°）、反射した赤外線波の位相のずれを測定することで、対象までの正確な距離を計測することができる（公称精度±2mm）。このため、機器の正確な位置情報が得られれば、機器周辺の測量データ（明瞭距離330m）を一度に入手することが可能となる。

#### 5. 観測結果と考察

既往の知見5)から判断すると、3D スキャナーにより、比較的植生密度が高い場所や植生帯の奥の方でも、地盤までレーザーが届いていると判断できる。ただし、知見2), 3)にあるように、ある程度、計測点がなければ、所定の精度が得られない。

以上を踏まえて、水平面を1×1mのグリッドに分割し、さらに、グリッド内の3D スキャナー

による測得データ数が200個以上のデータを対象として、3D スキャナーの精度を検討した。ここでは、トータルステーションで得られた標高ならびに植生高を正解値とした。

図-4,5 に結果を示す。3D スキャナーによって得られた結果は、1×1mのグリッドの平均値であるのに対し、トータルステーションで得られた結果は、局所的な値であるために、完全な一致は見られない。特に、植生高は、小さな水平スケールで変化し、しかも可撓性を有しており、局所的な高さの特定においてですら精度を確保することが難しい。このような影響もあって、図-3の結果を見ると、植生高については、誤差がランダムに表れている(標準偏差:20cm程度)。地盤高についても標準偏差は20cm程度であるが、全般的に、3D スキャナーでは、トータルステーションによりも低めの標高が得られている。低めの標高であるため、地盤までレーザーが届いていないことが原因だとは考えにくい。今後は、このような誤差の意味を明確にする個が重要だと考えられる。

いずれにしても、データ数によって精度が変わることから、次に、各グリッドでのデータの取得数を調べた。3D スキャナー配置付近では、取得データの密度が高いが、植生の有無に拘わらず、基本的なパターンとして、遠く離れるとデータ密度が小さくなっていることが分かる。この結果から、地表面に対するレーザーの角度が、データ密度を規定する最も重要な要因と考えられる。したがって、効率的に精度の高いデータを取得するためには、撮影場所を変えたり、スキャナーを高く設置する等の工夫が必要になってくると言える。

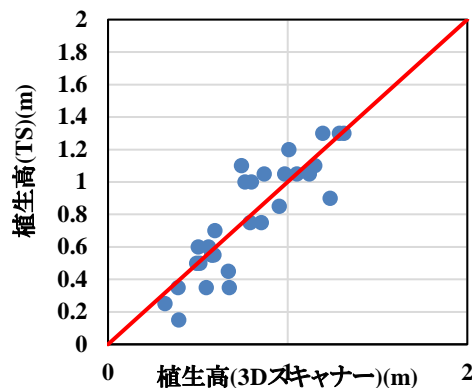


図-4 3D スキャナーとトータルステーションによる植生高の計測結果の比較

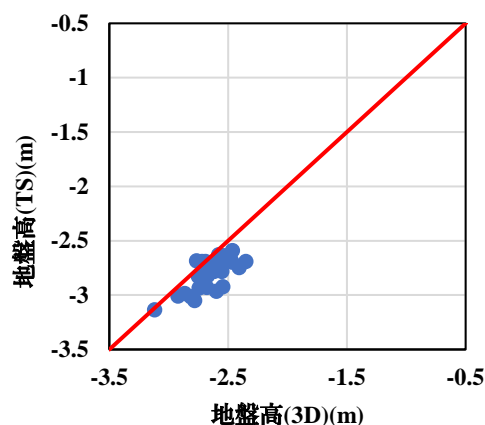


図-5 3D スキャナーとトータルステーションによる地盤高の計測結果の比較

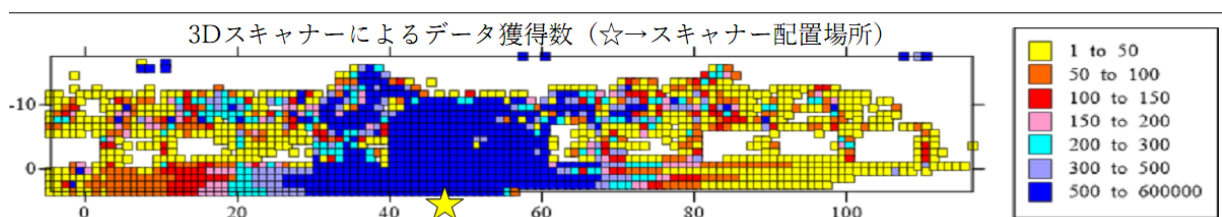


図-6 データ密度の分布(右岸側でのデータ、上が河川側)

## 6. まとめ

本研究により、以下の知見が得られた。

- 1) 川内川・東郷橋付近の河岸において、3D スキャナーによる地盤高と植生高の計測の可能性を調べる調査を実施した。一定のサイズのグリッドの平均値を用いなければ、データ密度が低くなるが、その影響を現地において具体的に確認した。
- 2) トータルステーションの結果と、3D スキャナーの標高と植生高との間には、標準偏差 20cm 程度の差異が生じたが、局所値とグリッド平均値との比較なので、これを誤差と断定することはできない。今後は、3D スキャナーの妥当性を検証できる、より高密度の標高や植生データを検証データとして取得する必要がある。
- 3) 今回の調査では、1m 程度高い場所から、河岸の地盤高と植生高を計測したが、その設定だと、所定のグリッド面積に対して所定のデータ密度を確保しにくくなるので、効率的な計測を実施するためには、撮影場所を変えたり、スキャナーを高く設置したりする等の工夫が必要になってくると言える。

## 謝辞

本研究の実施に当たり、現地調査の実施、データ整理において、鹿児島大学工学部技術部、愛甲、中村技術職員にご協力をいただきました。ここに、両名への謝意を表します。