河川測量における LiDAR の活用

長岡技術科学大学　　谷口　亮太
長岡技術科学大学　　陸　旻皎

1.　はじめに

近年,気象災害をもたらすような異常気象の頻発化・激甚化に伴い，全国各地で洪水被害が多発しており，これに対応した治水対策が求められる．ここで，治水計画のための基本的な資料として河川流量観測がある．日本では，観測地点において水位・流量を観測し，それらを基に作成した水位-流量曲線を用いて流量を算出している．しかしながら，一般に水位-流量曲線は二価性を持つことが知られており，流量算出において，無視するべきではない．これ対し，水面勾配を考慮することでこの二価性を補正することができると確認されている．[1)]

先行研究[2)]では，LiDAR による水面下の取得が不可能な特性に着目し，水際点群を取得することで水面勾配の算出について検証を行っている．しかしながら，本手法では得られる水面勾配の値が流心ではなく，水際であること，安定した水面勾配算出のために直線部分を必要とするなどの問題がある．本研究では，作成したロープを利用することでより流心に近い部分での水面勾配測定の可能性について検証する．

2.　手法

2.1　現地測定

新潟県三条市の五十嵐川を対象に LiDAR を用いて荒沢観測所付近での水面勾配測定を行った．

約 5m 感覚でフロートを設置したロープを作成し，河道中央付近から自然流下させたうえで，LiDAR による観測を実施した．

2.2　水面勾配算出

図 2.1 に示す観測結果から，河道内の水面に浮かぶフロートを良好に認識することができる．各フロートの点群データを平均し，それぞれフロートの座標とする．座標をもとに回帰直線を求め，直線の傾きを流心の水面勾配とする．また，比較対象として取得した水際点群全体を対象に回帰直線を描くことで水面勾配を算出し，水際水面勾配を求めた．表 2.1 には算出した水面勾配を示す．安芸皎一[3)]は 30cm が水面勾配測定

表 2.1. 水面勾配測定結果_五十嵐川_

測定時間	水面勾配	
	流心	水際
1min	1/64	1/102
2min	1/61	1/100
3min	1/63	1/107
4min	1/63	1/111
5min	1/61	1/95
average	1/62	1/103

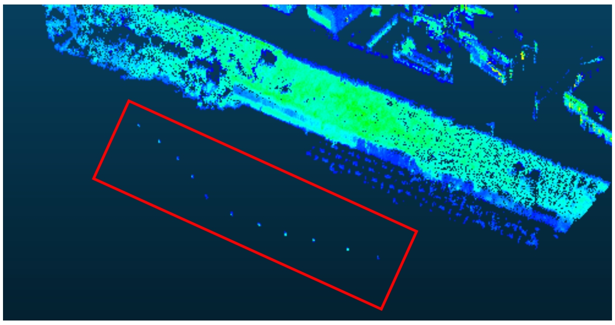

図 2.1. 測定結果

のために必要な最小水位差としているが，今回の測定結果では，水面勾配算出に十分な水位差があることを確認することができた．

水面勾配の時間的な変化に着目すると，水際水面勾配と比較して流心水面勾配では，測定した 1 分ごとの水面勾配が非常に安定した値を示していることが分かる．

3.　定常流解析

算出した水面勾配の正確性を検証するため，粗度係数算出を行い，横断測量と LiDAR による測定結果を用いて再現した河道状況での iRIC による定常流解析を実施した．解析に使用した粗度係数は測定した水面勾配を用いてマニングの式変形（1）より求める．

$$n = \frac{1}{v} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \qquad (1)$$

ここで，n ： 粗度係数，v ： 流速(m/s)，R ： 径深(mm)，I ： 水面勾配．

流心水面勾配から算出した粗度係数（以下，流心粗

度）と比較するために，水際水面勾配から算出した粗度係数（以下，水際粗度），自然河川での一般的な粗度係数 4)（以下，一般粗度）での解析を行う．解析に用いた粗度係数はそれぞれ，流心粗度：0.135，水際粗度：0.106，一般粗度：0.033 とする．

4. 結果・考察

図 4. 1 には流速による比較結果を示す．一般粗度では流速が突出して大きい部分があることが分かる．これは設定している粗度が実河川の粗度と比較して過小に評価されているためであり，一般粗度は河道状況の再現に適していないと考えられる．

次に水際粗度と流心粗度を比較する．水際粗度では左岸からの距離 30m～45m 付近において実測値と比較して大きな値を示している．これに対して，流心粗度では実測値と近い傾向にあることが分かる．また，左岸からの距離 50m 付近において，流速の急落がみられる水際粗度に対して流心粗度では実測値と近い値を示している．これより，水際粗度と比較して，流心粗度がより河道状況の再現に適していると考えられる．また，左岸からの距離 0～30m 付近について，実測値と流心粗度の差が大きい部分がある．これは，水面勾配から粗度係数を逆算する際に，断面全体の平均流速を用いているためであり，各側線平均流速と断面全体での平均流速に違いがあるためだと考えられる．

5. マニングの式における勾配の確認

マニングの式における勾配 I の扱いについて，流れが等流である場合，河床勾配，エネルギー勾配，水面勾配はすべて等しくなるため，どの勾配を用いても問題ない．しかし，不等流の場合には，流速や水深が空間的に変化するため，エネルギー勾配を用いるべきである．本研究において，測定対象とした五十嵐川では，河道流解析によって水面勾配とエネルギー勾配の関係を検討した結果有意な差は見られなかった．そのため測定した水面勾配をマニング式に適用しても問題ないと考えられる．

次に，本手法の適用性を確認するため，規模の異なる河川での検証をおこなう．対象河川は，信濃川と魚野川とする．横断測量データから河道モデルを作成し，河道流解析を行うことで対象区間の流況特性把握を試みた． 図 5.1 に示すように，信濃川の解析対象区間において，水面勾配とエネルギー勾配に有意な差はみられない．魚野川においても同様の結果が得られた．これから，五十嵐川以外の規模の異なる河川においても水面勾配をマニングの式に適用できる可能性が得られたと考える．

6. 結論

本研究では LiDAR による測定によって流心での水面勾配取得を試みた．得られた結論を以下に示す．

1. 河道内のフロートを設置したロープを LiDAR によって測定することで，河道の形状に関わらず，フロートの点群から流心での水面勾配を求めることができる．
2. 流心粗度は，一般粗度，水際粗度と比較して実測値により近い値を示した．これから，流心粗度は河道状況の再現に適している可能性が得られた．

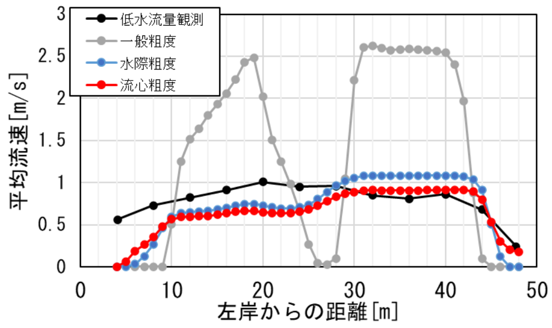

図 4.1. 平均流速の比較

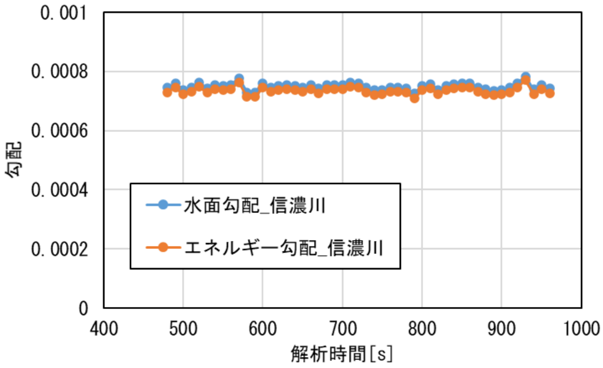

図 5.1. 勾配の検証_信濃川

参考文献

1) 大原憲明・志村光一・松木浩志・山田正：水面勾配を考慮することによる水位-流量曲線の二価性の補正について，土木学会年次学術講演会講演概要集第 2 部, 54 巻，pp.618-619，1999.

2) 塩谷晴：LiDAR による河道計測を用いた簡易流量推定法の開発と検証，長岡技術科学大学修士論文，2023.

3) 安芸皎一：流量測定法，森北出版，p.172，1954.

4) 水工学委員会：水理公式集，土木学会，p.199，1985.