

II-PS 6 移動床水理実験におけるラボラトリーオートメーションの試み（2）

—曲線に沿う自動河床計測—

京都大学防災研究所 正会員 澤井健二

1. まえがき

移動床水理実験において、河床形状を能率よく計測することは、不可欠の課題である。従来、河床形状計測には多くの方法が試みられ、条件によってはきわめて精度よくしかも効率的に河床形状を検出し、かつ記録できるようになっている。しかしながら、それらはいずれも一長一短を有し、条件によってはどの方法を用いても効率的な測定の困難なことも少なくない。その典型例として、水際付近を初めとする水深の小さい場所での計測や、曲線に沿う計測などが挙げられる。

本報告は、著者らがこれまでに試みた種々の河床計測法の特徴と問題点を整理するとともに、最近導入した、曲線に沿う簡便な自動河床計測法について紹介するものである。

2. 種々の河床計測法の特徴と問題点

河床検出法を大きく分類すると、ある1点からの方向と距離によるものと、ある2点からの方向によるものとに分けられよう。点計測プローブの多くは前者に属し、立体写真計測などは後者に属する。現在のところ、精度的には前者の方が優っているようであるが、遠隔計測やスキャンニングの速さの点では後者に将来性が期待される。ここでは、前者に限定して、さらにその特徴と問題点を分析する。

まず、計測者の視覚によって河床面との接触を検知するものとして、ポイントゲージが挙げられ、熟練すればかなり広範な条件下で高精度の計測が行える。しかし自動化は難しく、また、水が濁っていたり水面の波立ちが激しい場合には使えない。

次にセンサーが河床に接触する際の反力を利用するものとして、河床面に標尺を置く方法があり、その際のプローブの変形を検出して自動化を図った計測器も市販されている。固定点での計測では、プローブを定期的に昇降させればよいが、連続的な河床形状を検出する場合には、サーボ機構を有するものが都合がよい。この方法の長所は、水の有無や河床の色調に依存しないことである。しかし、現在市販されている接触サーボ式の砂面計は、掃引方向が限定されている。また、流れが強い場合には、微妙な接触反力の検出が難しく、精度が低下する。

非接触式のセンサーとしては、超音波の往復時間を検出するもの、双極子間の電気抵抗を検出するもの、光の反射強度を検出するものなどが市販されているが、前二者は水中でないと使えない。このうち、超音波によるものは、河床の物性にはほとんど依存しないが、電気抵抗によるものは、河床に導電体があると誤作動することがある。光反射式のものは、水中・空中のどちらでも使えるが、空中から水底を検出することはできない。また、底面の色調（反射率）が不均一であると精度が低下する。

以上を比較すると、現在のところ、水中と空中にまたがって連続計測の行えるのは、接触式のものに限られる。しかし、市販品では、センサーが大きいこと、掃引方向が限定されていることから、下記の実験においては、光反射式のものをを用いることにした。この場合、現状では空中から水中への移行に際して手動操作を加えざるを得ないが、将来は水面の検出を併用して自動化したいと考えている。しかしその場合でも、水深のきわめて小さな領域の取扱には新たな工夫が必要となるであろう。

いずれにせよ、点計測法を用いる限り、それを空間的にいかにスキャンするかが重要な課題となる。そこで、任意の曲線に沿って、しかもある程度速く台車を移動させることができれば、砂面計測に限らず、実験能率の向上に大いに役立つ。

3. 曲線に沿う台車の移動

従来のXY台車は、ほとんどが、X方向かY方向かのどちらかのある程度の距離に及ぶ移動を反復させる

ものであり、曲線に沿う運転が難しい。しかし任意の曲線といえども、折れ線で近似することができるから、要は任意の2点間をできるだけ直線に近い軌跡をたどって移動させることができれば十分である。ここでは2台のパルスモーターの組合せにより、台車を移動させることを考えた。

2点間の経路を問題にしないのであれば、現在座標と目標座標の差をステップ間隔で割ってXおよびY方向のステップ数を算出し、そのステップ数だけ、それぞれのモーターにパルスを送ればよいのであるが、できるだけ直線に近い軌跡をたどらせるには、X台車のパルスとY台車のパルスをどのような順序で送るかが問題となる。そこで、ステップ数の多い方の方向に1パルス送るごとに、他の方向にパルスを送るか送らないかを判断しながら、モーターを制御することにした。このようにして求められたパルスの送出時系列を記憶しておき、それにしたがってモーターを運転すれば運転中にパルス数を計算する必要はなく、より高速の制御ができる。また、X台車用のパルスとY台車用のパルスが並ぶ場合には、それをまとめて、制御回数を減らすこともできる。

ただし、同じモーターにあまり短い間隔でパルスを送っても、脱調が生じるので、制御速度には限界がある。現在手持ちのモーター(ダイナミックトルク4.2kgcm)では、計測器を搭載した台車を勾配1/100のレールに沿って上流向きに走行させるには、2cm/s程度が限度である。

4. 非定常蛇行河床変動実験への適用

実験には、幅20cm、深さ10cm、波長2mの蛇行低水路を有する幅1m、長さ10m、勾配1/100の複断面水路を用いた。河床には平均粒径1.3mmのほぼ均一砂を5cmの厚さに敷いて正弦波状流量を供給し、下流に流出した砂は漏斗状の金網に集めて、水中ポンプで循環させた。主な計測項目は流量、水位(水面勾配)、河床形状であるが、さらに半波長内での流砂量分布と水面流速分布をも計測するために台車にビデオカメラを搭載した。

河床の計測線は、低水路法線に直角および平行で、半波長の間の7横断線と低水路両岸から1cm離れた2縦断線とした。これらの計測線に沿ってほぼ1cm間隔に計測点を定め、それらの座標をメモリーから呼び出してステップ数を算出しながら、台車を移動させた結果、片道の計測に約2分間を要した。(ただし、モーターの回転は直径約5cmのプーリーと2mmのワイヤで台車に伝達し、1パルス当りの移動距離はX方向が0.126mm、Y方向が0.844mmである。また、モーターの制御パルスはBASIC言語によってパソコンのプリンタ端子から出力した。)各計測点では、砂面計の出力電圧をパソコンによってAD変換して記憶させ、一連の計測が終わった後にディスクにセーブした。

図-1は、初期河床を基準とした低水路内の河床等高線の時間変化を1周期にわたって示したものである。

5. あとがき

以上、移動床水理実験における自動河床計測の問題点と、その解決策の一つである曲線に沿う簡便な台車移動について紹介した。今後さらに改良を加えるとともに、濃度計測、粒度分布計測などの効率化をも図っていきたいと考えている。

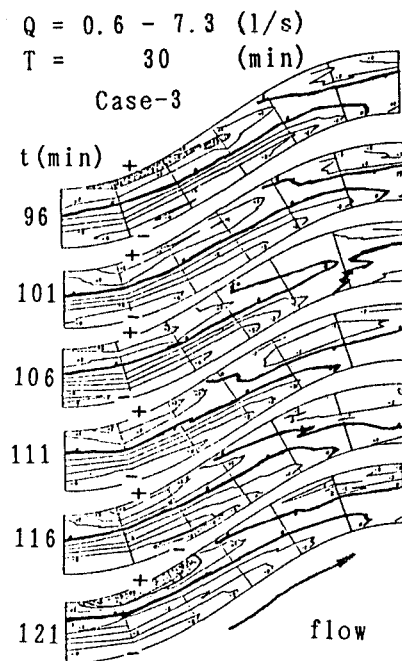


図-1 河床等高線

(太字は0、ピッチは1cm、は浮州)

参考文献

- 1) 藤田裕一郎・澤井健二：移動床水理実験におけるラボラトリーオートメーションの試み、水工学論文集、第34巻、1990、pp.701-706.