

京都大学農学部 ○三好岩生 福島義宏
 京都府立大学農学部 大手桂二
 京都府土木建築部 辻野竜志

1. はじめに

現在筆者らは山地河川、特に急勾配溪流での河床形状の形成、発達、崩壊過程を土砂移動現象と共に解明する研究を進めており、そのための第一歩として実験水路での土砂堆積形状をパソコンの制御によって三次元データとして自動で計測、記録するシステムを構築した。ここでは、システムの概要と特徴を説明し、性能試験と計測の一例として行った土砂堆積形状計測実験について述べる。

2. システムの概要

2.1. ハードウェア

本システムは図-1に示されるようにパソコン、XYコントローラ、XY移動装置、Z座標測定器などからなり、河床形状は水路内に設定したXYZ三次元座標によって記録される。計測の基本は図-2に示されるようにコンピュータで設定したXY座標平面上の任意の位置にZ座標測定器を移動させ、この1点でのXYZ座標を測定、記録するという作業を順次繰り返すものである。XY座標の設定、および測定値の記録に用いられるパソコンはNECのPC-9801を用いた。また、コンピュータにDA変換ボードとAD変換ボードを装着することにより、設定したXY座標値や記録すべきXYZ座標測定値はアナログ電圧として入出力される。XYコントローラは、パソコンから信号を受けることによって、XY移動装置に取り付けたDCモーターとポテンショメータを制御し、XY移動装置上に設置したZ座標測定器を設定されたXY座標上の位置に移動させる。XYコントローラとZ座標測定器によって測定されたXYZ座標はAD変換された後パソコンによって記録される。Z座標測定器とは、棒状のプロープ先端が

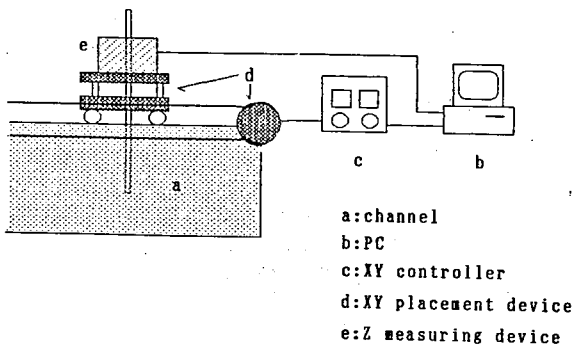


図-1 計測システムの概要

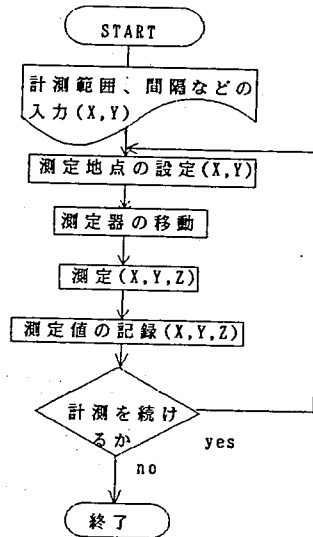


図-2 計測の基本的な流れ図

ら発したレーザー光の河床表面での反射を捉え、サーボモーターによって常にプローブ先端が河床表面から一定距離に保たれるようにしておいて、このプローブの高さをポテンショメータによって測定することにより1点でのZ座標を決定するものである。

2.2. ソフトウェア

測定地点のXY座標の設定と測定された座標値の記録はパソコンによって予め組まれたプログラムに沿って行われる。一連の測定を行うのにかかる時間のほとんどは、測定器の移動やZ座標の読み取りなどのハード的な部分で使われており、コンピュータでの処理速度はほぼ問題にならないと考えられるので、使用する言語は操作性を考えてN88BASICを選んだ。また同様の理由で、データの記録方式としては測定と同時にフロッピーディスクにMS-DOS上のファイルとして書き込むことにした。これらはいずれも、処理速度の向上やデータ量の増加に対応する必要がある場合には変更が可能である。プログラムの基本形式としては、前述のように一つの形状の測定が1点における座標の測定を繰り返すものであるため、実際には河床形状の横断面あるいは縦断面形状を順次測定していくことになる。またその際に、設定したXY座標にZ座標測定器があるかどうか、センサーが安定して測定しているかなどをチェックする工夫がプログラムに組み込まれる。

記録されるデータファイルの形式としては、プログラムを変更することによって自由に設定できるが、当面はXY二次元メッシュの標高データとする。これを用いることによって河床形状の3次元表示は容易に行えるが、データからその形状特性を数値的に表現する方法について今後検討する予定である。

3. 性能試験

3.1. 精度

測定されるデータの分解能は主にAD変換、DA変換ボードの性能に規定される。今回用いたDA変換ボードは12bitで-10~+10v、AD変換ボードは12bitで-5~+5vを扱うため、1digitがそれぞれ4.88mv、2.44mvに対応する。また、XYコントローラとXY移動装置では1mvが1mmに換算されるので結果としてDA変換、AD変換時にそれぞれ1digitで4.88mm、2.44mmを扱うことになる。今後はさらに精密な計測のために、分圧器や増幅器を用いることによってデータの分解能を向上していく予定である。次に線形性、特にポテンショメータによる座標と真の座標のずれについてであるが、予備実験に

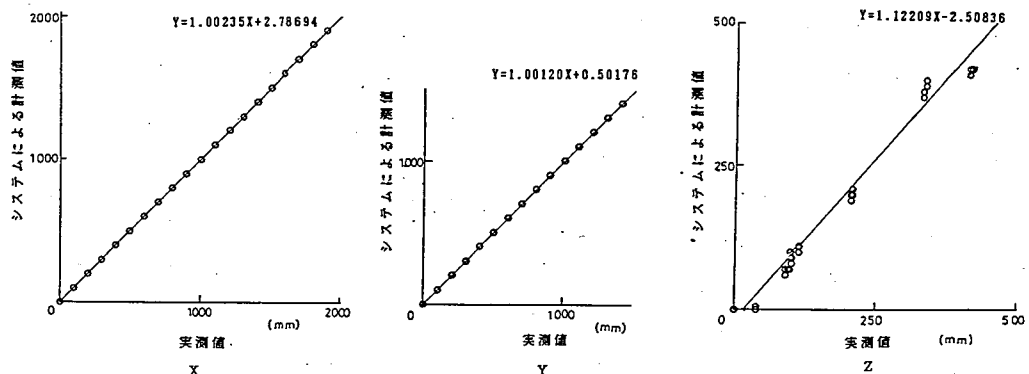


図-3 システムによる計測値と実測値の関係

よって本システムでの計測値と実測値との関係、およびその直線回帰の結果を図-3に、50cm四方の平面を計測した結果の三次元表示を図-4に示す。これらを見ると測定値はほぼ正確であるといえるが、さらにこの直線回帰の結果をプログラムに組み込むことによって、精度は向上される。また、図-4に見られるように、計測中に特に顕著なノイズはみられず、結論として现阶段で本システムは5mm以下の精度を持ち、この値は今後さらに向上できる。

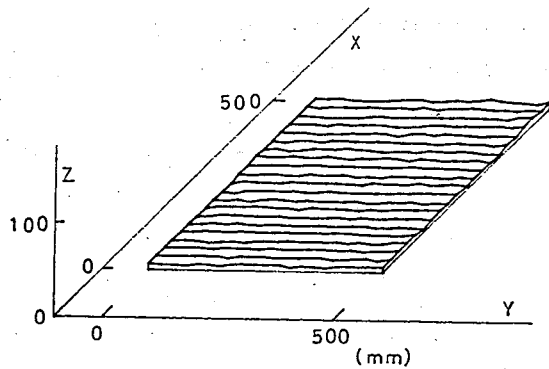


図-4 平面の計測結果

3.2. 計測に要する時間

一連の計測はすべて自動的に行われるが、これにかかる時間もまた重要な意味を持つ。計測にかかる時間のほとんどは、測定点がXY座標上の設定地点であることと、Z座標測定器が安定した測定を行っていることを確かめるフィードバックルーチンの機械的な動作に費やされる。図-4の計測にかかった時間は約1時間35分であった。この時間は変化を続ける現象をリアルタイムで捉えるには長すぎるために、計測は定常状態となった形状に対して、精度を重視したプログラムによって行われるべきであろう。

4. 実験

本システムを用いた計測の一例として、図-5に示すような水路における土砂堆積形状計測実験を行った。サンプルは1mm単一粒径の寒水石と呼ばれる砕石であり、手順としては、まずこのサンプルを下流水平水路に20mmの厚さで一様に敷き詰め、ここに上流水路上流端に置いた20lのサンプルを定水位給水装置から供給する0.2l/sの水で制限しながら流下させる。流下した土砂のすべてが勾配変換点で堆積した時点で水を止め、堆積範囲についてその形状を2.5cm間隔で測定した結果を3次元表示したのが図-6である。この計測において測定されたのは650点であり、要した時間は約2時間30分であった。このときの流下状況は土石流状の流れであり、堆積は勾配の変換と、流路の拡幅に伴う間隙水の拡散によるものと思われる。次に、この

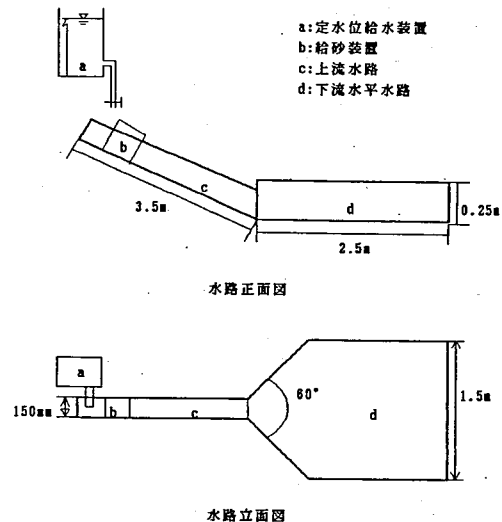


図-5 実験水路

堆積形状に再び上流水路から定水位給水装置によって0.11/sの水を15分間流し続けて浸食させた形状が図-7である。この形状も図-6の場合と同じように25mm間隔で測定したが、堆積範囲が広がるために、測定点数は841点となり、これに要した時間は約4時間であった。浸食によってガリー状の流路ができていくことがわかる。

5. まとめ

実験水路で得られた河床の三次元形状をパソコンの制御によって自動的に計測するシステムを構築した。性能試験と試験的な計測を行うことによって本システムが高い操作性を持ち、十分な精度と客観性を持ったデータを得られることが確かめられた。逆に計測に要する時間が予想よりも長いことなどの問題点も明らかとなった。計測システムとしての今後の改良点としては、データの分解能を向上すること、駆動系統などのハードの性能を上げることなどが考えられる。また、今後は計測プログラムやデータの解析方法などについて十分検討を行い、実用性を高めていきたい。

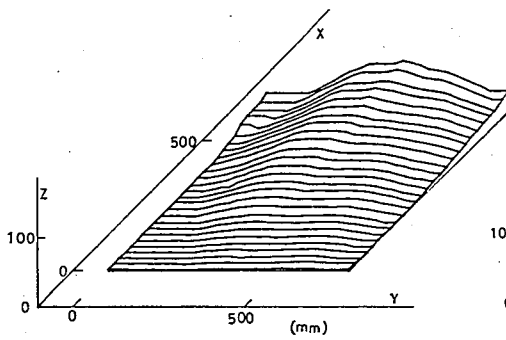


図-6 堆積形状の計測結果

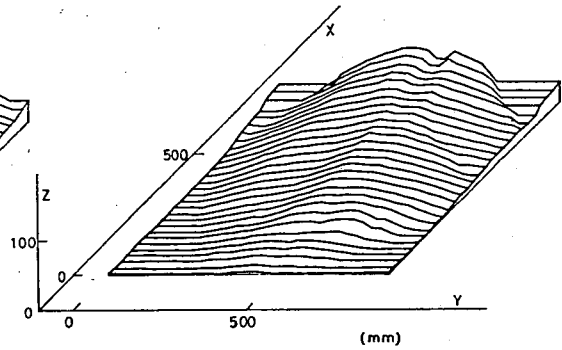


図-7 浸食後の形状計測結果