

名城大学理工学部 正員 新井宗之

岐阜大学 工学部 正員 河村三郎

1. はしがき：土砂を多量に含んだ流れの流速分布を測定することはその流体の流動機構、モデルを考える上で重要であることは言うまでもない。しかし土石流のように土砂を多量に含んだ流れの流速分布を測ることはなかなか難しい。清水と比較的大きな粒径（数ミリのオーダー）の場合は、透明な水路の側面から高速度カメラなどを用い、粒子の軌跡を測ることより流速を得ることができる。しかし粒径が小さくなると個々の粒子の確認が難しく上記の方法は困難となる。そのため粒径が 0.1mm 以下の泥水のような実験の場合はピトー管を応用した方法で流速が測られている。しかしこの方法は非定常現象の測定には困難となる。また光学センサーを用いた測定も報告されている¹⁾。これは2つの光学センサーを水路の側壁にとりつけ、その信号の相互相関から時間差を得て流速を求めるものである。

ここで述べる測定方法は、一種の塩水法でマイクロコンピュータを用いた測定システムであり、流水中の任意の位置で土砂濃度に関係なく測定できる。

2. 測定方法：測定方法は、上で述べたように一種の塩水法で、センサーを流れの中に入れ、その直上流より塩水を注入しその移動速度を測定するものである。この原理は塩水の電気伝導度が水より小さいという事を利用したもので、電極とな、っているセンサーを2点設置しその電気伝導度の変化の時間差とセンサー間隔より流れの速度を求めるものである。

測定システムは図-2で示すように、センサー部、A/D変換部、コントロール部、記録部及び出力部とからなり、それぞれの信号の受け渡し、働きはCPUによってコントロールされている。センサーは3点あり、第1のセンサー（CHANNEL0）は第2（CHANNEL1）、第3（CHANNEL2）のセンサーのA/D変換を起動させるためのものである。CPUは第1のセンサーの伝導度が変化したことを認めると、第2、第3のセンサーの信号のA/D変換を開始させる。A/D変換器はA/D変換中なのかそうでないかの信号を出して、CPUはそれを調べ両方のセンサーのA/D変換が終了するとCH.1のデータを

所定のメモリーにストアし、その後CH.2のデータも所定のメモリーにストアする。そしてもう一度、A/D変換の命令→A/D変換の開始→A/D変換の終了→CH.1のデータのストア→CH.2のデータのストア、という操作が行われ、所定の回数くり返す。また得られたデ

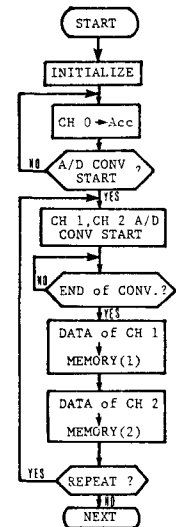


図-1 コントロールプログラムのフローチャート

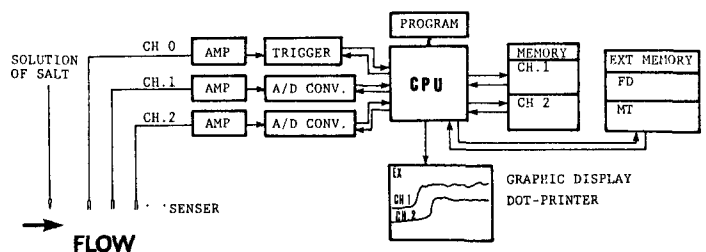


図-2 測定システムのブロック図

ータはその場でグラフィック化し、グラフィックディスプレイやプリンターに出力させることができる。

図-3はドットプリンターによる出力例である。またCH.1とCH.2の伝導度の変化の時間差のとり方とあらかじめプログラムしておくならばその場で流速を求めることも可能である。A/D変換のサンプリングする時間間隔は本器の場合 $54.2\mu\text{sec}$ ($54.2 \times 10^{-6}\text{sec}$)である。

3. 精度：この測定システムで求められる流速の精度は、センサー設置間隔の測定精度とセンサー間を通過する塩水の時間差の測定精度によって決まる。いま、センサーの間隔及び時間差の真の値を l 、 t とし、その誤差を Δl 、 Δt とすると流速は $v + \Delta v = (l + \Delta l) / (t + \Delta t)$ となる。ここに v は真の流速、 Δv はその誤差である。

使用したセンサーは $l + \Delta l = 5.0\text{mm}$ としているが、 Δl の測定誤差は $|\Delta l| = 0.05\text{mm}$ 以下は無理で、 $|\Delta l| = 0.1\text{mm}$ 程度と考えるのが妥当であろう。また時間の誤差はサンプリング間隔が $54.2\mu\text{sec}$ であるのにもかかわらず伝導度の変化の仕方により大きく影響され、実験結果から言えば $|\Delta t| = 54.2\mu\text{sec} \sim 5 \times 54.2\mu\text{sec}$ である。いま $\Delta l = \pm 0.1\text{mm}$ ($l + \Delta l = 5.0\text{mm}$)、 $\Delta t = \pm 3 \times 54.2\mu\text{sec}$ とすると真の流速に対する誤差は図-4のようで、 100cm/s の流速に対して約 $\pm 5\%$ の誤差を生じる。

4. 測定結果：システムの検定のために、清水の流速を測定し、ピトー管のそれと比較すると図-5のようである。図中の点は5回測定した平均値をプロットしたもので、○(白丸)は立ち上がり時間差、●(黒丸)はpeak to peakの時間差をプロットしたものである。

5. まとめ：マイクロコンピュータを利用した一種の塩水法の流速測定システムについて述べたが、その特徴を記すと次のようである。i) 土砂を多量に含んだ流れでも流速を測定できる。ii) 流水中の任意の点で測定可能である。iii) その場で流速の解析が可能である。iv) センサーを変えることにより応用範囲が広い、など、点があげられる。

なお、この測定システムを作成するにあたり、名城大学理工学部電気工学科の谷口正成氏の御助言をいただいたことをここに記して感謝の意を表します。

参考文献 ¹⁾ S.T. SAVAGE, Gravity flow of cohesionless granular materials in chutes and channels, J.R.M. (1971), vol 92, pp53-96

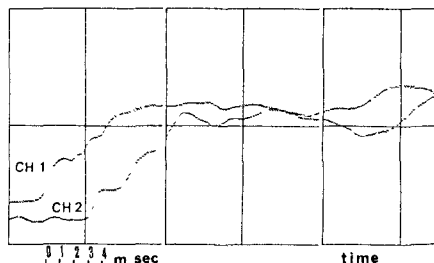


図-3 実験例 (ドットプリンター出力)

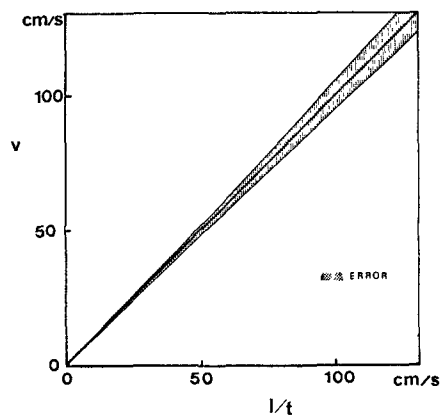


図-4 測定誤差

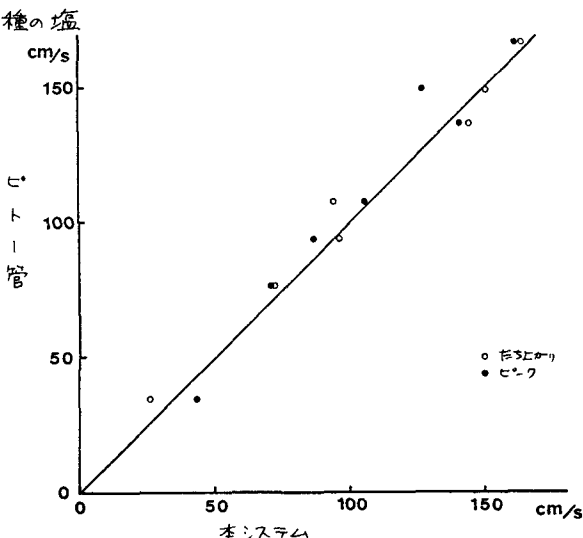


図-5 ピトー管と本システムによる流速測定との関係