

農業水利学実験 (水理学実験)

2011.4

宮崎大学農学部
地域農業システム学科

担当：竹下 伸一 (N604)

農業水利学実験について

目的：

水理学で学んだ水に関するさまざまな事項を実験により確認し、理解を深めることを目的とする。また水の性質を調べる際のさまざまな方法・技法、観測機器の取り扱いなどを習得する。さらに、観測によるデータの解析方法を学び・理解し、それらをまとめるための方法についても習得する。

実施に際して、まず実験に対する基礎的事項を数回の講義の中で学ぶ。

その後、8項目の実験を行う。実験は、受講者を8つの班に分け、各班が異なる実験をローテーションで実施する。

基礎事項：

- ・水面の測定
- ・流速の測定
- ・流量の測定
- ・有効桁の考え方
- ・単位について

実験項目：

- 1．オリフィスの流出流量
- 2．層流と乱流
- 3．三角堰・四角堰による流量測定
- 4．開水路における流速分布の観測
- 5．常流と射流
- 6．幅厚堰上の流況
- 7．射流でのピトー管による流速測定
- 8．浮力

履修上の注意：

- ・安全に作業ができ、かつ水にぬれても良い服装を着用すること。
- ・床が濡れていて滑りやすいので靴に関しても注意すること。
- ・携帯電話やたばこは厳禁とする。
- ・関数電卓を用意すること。
- ・また実験用のノートを一冊用意しておくのがよい。ルーズリーフ等は、バラバラになりがちで、どの値がどの実験のものが混乱することが多々ある。よって、きちんとつづられた野帳やノートなどを用意することを強くすすめる。
- ・すべての実験について、必ずレポートを提出すること。

成績の採点基準：

あらかじめ採点基準を公表しておく。よって、事後の異議申し立ては一切受け付けない。ルールに則って、問答無用に採点していくので肝に銘じておくこと。

全体の配分点： 出席 20 点 + レポート 80 点 = トータル 100 点

レポート点については、以下の基準に則って採点する。

実験は 8 課題あるので、1 課題につき 10 点満点とし、その合計点とする。

各課題の採点は表の通り行う。この表を見ればわかるように、翌週までにまず提出することが最も重要となる。

再提出の最終締切日は、この講義の最終日とする。この最終日までに合格にならなかったものは、すべて「不合格・未提出」として 7 or 3 点とする。

	一回で合格	不合格	
		再提出し合格	未再提出
翌週までに提出	10	9	7
翌週以降に提出	7	6	3
未提出		0	

レポートで合格するには：

次の 5 点を備えていれば合格とする。

・以下の 5 項目が記載されていること。

1. 表紙
2. 実験の目的と概要
3. 実験装置について
4. 実験データ・結果・表・グラフ
5. 考察

・実験データにもとづく計算値が大幅に異なること。

・図・グラフとしての体裁が最低限整っていること。

・各実験項目毎に設定してある必須記載項目をすべて整えていること。

・「レポートに関するその他注意事項」を、著しく無視していないこと。

レポートに関するその他注意事項：

- ・桁をそろえること。
- ・単位を記入すること。
- ・A4 用紙で仕上げ、最低でも 2 枚（表紙 1 枚、実験の目的～考察 1 枚）綴りにすること。
- ・ホッチキス等できちんととめておくこと。

- ・実験レポートの表紙には，以下の項目を記載すること．

講義名：農業水利学実験

実験項目名：

学籍番号：

名前：

共同実験者：

実験実施日： 月 日

初回提出日： 月 日

再 提出日： 月 日

- ・「考察」に，実験の感想を書かないこと．

レポートの提出：

翌週の実験時

もしくは N604 のポストへ．

レポートの返却：

翌々週の実験時

もしくは，N604 ドア横の Box に随時入れておくので，各自もっていくこと．

基礎事項：

ここでは、水理実験を実施する際の基本となる水面の測定法を説明する。
また、有効数字と有効桁の考え方、単位の換算に関する注意事項、それと最小二乗法について説明する。

水面の測定

水面を測定する方法には様々なものがある。
静かな水面に対しては、ポイントゲージ、フックゲージ、タッチインディケータ。
逆に、水面が激しく乱れる場合には、写真やビデオによる判読、波高計などを使う。
その他、フロートによる方法、レーダーを用いる方法などがある。

本実験実習では、水面の測定にポイントゲージを用いる。

水深はポイントゲージを用いて、水路上のある地点から、水面までの距離 $H1$ と水路底までの距離 $H2$ を測定することによって求めることができる。

ポイントゲージには、0.1mm(1/10)単位の長さを測ることができる仕掛け、バーニアというものがついているので、これを利用して水路の水深を 0.1mm 単位で正確に測定する。

ただし、流れている水の水面は通常波打っているため、水深を少なくとも3回測定し、その平均値を求めること。

$$\text{水深 } H = H2 - H1 \quad (\text{m})$$

**** 注意点：

- ・ポイント針は、デリケートなので乱雑に扱わないこと
- ・測定するときは、なるべく水路の中央付近で行うこと
- ・流路に直角に取り付けること
- ・必ず3回以上読み取ること
- ・水のつく瞬間をとらえること



有効桁の考え方

1. 有効数字は最小桁に誤差，あいまいさが含まれる．

有効数字とは，測定器で測定しうる量の有効な桁数の数字のこと．

もっと具体的には，

「有効数字とは，最小桁に不確定な数字があるように表現した数値．」

従って，その数字をみれば，値そのものだけでなく，どのあたりに誤差がでてくるのか，精度の限界はどこにあるのかが分かる．

有効数字には最小桁に誤差が含まれる．1.63 が有効数字なら，3 には誤差が含まれ，あいまいさがある．しかしその上の桁の 6 は信頼できる．

より細かくいうと，有効数字 1.63 と表わした量 R は次のことを意味する．

$$1.625000\dots \quad R \quad 1.634999\dots$$

2. 測定器の感度

実際には，測定器ごとに得られる測定値の有効数字を把握する必要がある．

デジタル表示の測定器の場合には，表示の最小桁まで測定感度があり，最小桁まで有効数字と見なせる．ただし，取扱説明書などで感度を確かめる必要がある．

アナログ表示では最小目盛りの $1/10$ までを有効数字とする．例えば 1 mm の物差しで長さを測るなら，0.1mm まで読みとる．このとき 1mm の桁は，読み間違えなければ，信頼してもらいたい．つまり，たとえば「15mm」と記録したなら，この 5 という数字は 4 や 6 かも知れないと思われてしまう．そこで「15.0mm」と記録することで，この 0 は怪しいけれど，5mm 付近で 4mm や 6mm では決してないと解釈される．

3. 測定値の計算

計算するとき，例えば平均値などを求めると，計算上有効桁数よりも下の桁まで数字が出てくる．データとしてレポートなどに表示するときはいくまでも有効数字で記述しなければならない．

しかし，その平均値などを使ってさらに計算を進める場合ならば，計算の途中で有効桁数まで四捨五入したりせず，桁数の大きな数値のまま計算を行う．そして，最後に出てきた答えに対して，初めて有効桁数に合わせて四捨五入をする．

電卓などの場合は，計算途中の値は電卓での計算値をそのまま使うとよい．

有効桁数が異なる測定データを組み合わせて計算する場合，和差と積商とで大まかな違いがあるので，注意する必要がある．

和差の場合：

数字を科学表記にする．つまり $\times 10$ の何乗という形を作り出し，の数字について足し算・引き算をする．そして，もとの有効数字のうち小数点以下の桁数が最も少ないものに合わせる．

例 $1.42 \times 10^{-8} - 0.3 \times 10^{-8} = 1.1 \times 10^{-8}$

積商の場合：

数字をそのままにして，ひとまず計算する．そして，もとの有効数字の中で，最も桁数の小さいものに合わせる．

例 $2.34 \times 4.5 = 1.1 \times 10^1$

つまり，有効桁数が 3 桁の数値と 4 桁の数値を用いて計算したら，計算結果の有効桁数は上から 3 桁ということになる．

4．有効数字の表記

有効数字は科学表記で書く．

例えば 0.0000103 という数字があるとする．この数字の有効桁は 3 桁だとすると，この場合 1.03×10^{-5} と書くとうわかりやすい．つまり $\times 10$ の何乗という形の $\times 10$ の部分を有効桁数に併せて表記する．

1.03×10^{-5} を科学表記ではなく，そのままの数字で 10300 と書いてしまうと，有効数字は 5 桁ということになってしまう．同じ数字なのに，有効桁数が 3 桁と 5 桁になってしまい，曖昧さの大きさに違いが出てしまうので，注意する必要がある．

5．定数，物理定数が入る計算

実際の計算では，データだけを使った計算ということではなく，係数や物理定数などを使って計算することがよくある．これらの数字の桁数は有効数字の判定には直接関係しない．

ただし， π の値や，物理定数を使う場合には，計算する最大桁の有効数字よりも 1 桁以上大きな値を使って計算すること．

4 $r^2 = 4 \times 3.1416 \times (2.674\text{m})^2 = 8.985\text{m}^2$

この計算で，最初の 4 は 1 桁の有効数字というわけではない． π の値は距離 r の有効数字桁数より 1 桁大きくしてある． π は定数だが，計算には途中の桁までしか使わないため，桁数の大きな有効数字のように取り扱っている．

単位について

測定値，計算値には必ず単位を付けること．

また，計算の際には単位をそろえた上で計算すること．

よく間違える単位換算について列記しておく．

$$\text{長さ：} 1 \text{ km} = 10^3 \text{ m} = 10^5 \text{ cm} = 10^6 \text{ mm}$$

$$\text{面積：} 1 \text{ km}^2 = 10^6 \text{ m}^2 = 10^{10} \text{ cm}^2 = 10^{12} \text{ mm}^2$$

$$\text{体積：} 1 \text{ L} = 1,000 \text{ cm}^3$$

$$\text{質量：} 1 \text{ t} = 1,000 \text{ kg}$$

$$\text{速度：} 1 \text{ km/hr} = 0.278 \text{ m/s}$$

$$\text{流量：} 1 \text{ l/s} = 3.6 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{時間：} 1 \text{ hr} = 3,600 \text{ sec}$$

最小二乗法について

実験データなどの誤差を含んだ値から，最もフィットする関数を計算する手法が最小二乗法（method of least squares）です．一番簡単なのは，直線で近似する方法です．

たとえばある時間 x に対する，ある物体の長さを y として，計測したものをグラフに表したとき右図のようになるとする．ここでは，横軸に時間，縦軸に位置をとっている．これを散布図という．

この散布図に最もフィットする下図のような直線

$$y = ax + b$$

を決定する場合，係数 a, b は次のようにも定める．

$$b = S_{xy} / S_x$$

$$a = (\sum y - b \sum x) / n$$

また，このときの相関係数 r は，

$$r = S_{xy} / \sqrt{S_x S_y}$$

ここで， n ；データの個数，

$$S_x = \sum x^2 - (\sum x)^2 / n$$

$$S_y = \sum y^2 - (\sum y)^2 / n$$

$$S_{xy} = \sum xy - \sum x \sum y / n \quad \text{である．}$$

