

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生活與應用科學(一)科

(鄉土)教材獎

032803

可攜式自動語音量身高系統

學校名稱：桃園市立石門國民中學

作者： 國二 李 奕 國二 翁 捷 國二 宋乙安	指導老師： 施佑宗
---	------------------

關鍵詞：可攜式、超聲波、資料庫

摘要

科技日新月異，距離測量機的發展也不斷被改良，本小組為了與學校課程做連接，決定探討超聲波之性質，同時也結合生活應用，並培養科學研究之精神，嘗試開發非接觸式之語音自動量身高系統，並設計能將結果自動匯入資料庫的程式。

因此，我們決定使用超聲波模組來測距，取代市面上常見的固定式身高體重計。同時為了與已出版之超聲波身高計有所區別，此系統另外搭配了語音模組及LCD模組（液晶顯示螢幕模組）以方便得知測量值。最後，我們設計了一系列實驗來調整系統，希望能達到一般市售身高體重計的精準及穩定度。如此一來，就能同時兼收「省時」、「省力」、「省空間」、「省成本」四大優點。

壹、研究動機

許多發明的靈感往往來自於生活中小小的不便，今天要介紹的主題也是如此。我們的主題是——“可攜式自動語音量身高系統”。

每逢開學，每班都要排隊去量身高體重。但在班級數眾多的情況下，每班學生要排隊去測量身高不僅浪費時間，該堂體育課的自由活動時間也會相對減少，甚是可惜。不僅如此，學校所使用的接觸式身高機，體積大、占空間，資料的部分也必須人工作業，一筆一筆的輸入到資料庫中。有甚麼方法可以讓大家不要再等待中度過寶貴的體育課？有甚麼方法可以讓資料更有效率的輸入進資料庫呢？

由國中自然科課本中我們得知，當聲波接觸到物體時會產生反射，經反射後的聲波我們稱為回聲。因此本小組利用聲波會反射之原理設計了此測距系統。突破傳統直立式身高體重計在空間上的限制，這套設備可拆解並收納於手提箱中，體育老師只要各自拎著手提箱到班

上進行組裝，就能同時讓數個班級進行測量，省去許多不必要的等待時間。不僅如此，我們設計了能自動傳輸資料的程式，只要在資料庫裡輸入學生的學號再站到機器下去測量，數據就會透過網路傳送到保健室電腦資料庫，確實減少了護理士的業務量，同時也降低資料勘誤的可能。

	傳統測量		現代測量	
測量工具	長繩	接觸式身高機	超聲波測距機(語音)	
取得測量值方式	人	機器面板	面板(語音播報)	
	容易取得	誤差較長繩小	誤差小	
測量工具性質	誤差較大	體積大、占空間	現時得知測量值	
	測量值較不準	接觸時易造成誤差	輕便、方便	
成本	低	高	較接觸式低許多	

表 1 現代測距與傳統測距之比較表

貳、研究目的

- 一、發展出一台打破空間限制，減少操作時間的身高量測系統。
- 二、別於現行各機關所使用之身高體重計，成品除開、關機外皆為全自動。測量時無需觸碰任何按鍵，並可將量測結果自動匯入資料庫。
- 三、以「輕便」、「可攜帶」為原則，解決以往傳統身高機體積大、占空間的缺點。
- 四、結合生活應用，使成品更為實用，培養科學研究之精神。

參、研究設備及器材

本小組經過討論及許多考量後，決定使用 Arduino Uno 控制板來做為系統架構的主控制器，搭配超聲波模組 HC-SR04 來進行測距，語音播報方面則使用 MSAY 中文語音合成模組，同時為了防止紀錄者未聽清楚語音播報之測量值，我們特別將 I2C LCD 模組加入，視覺及聽覺一同呈現，系統方塊圖如圖 1 所示。程式編輯的部分我們則使用常見的 Arduino IDE 程式開發軟體。

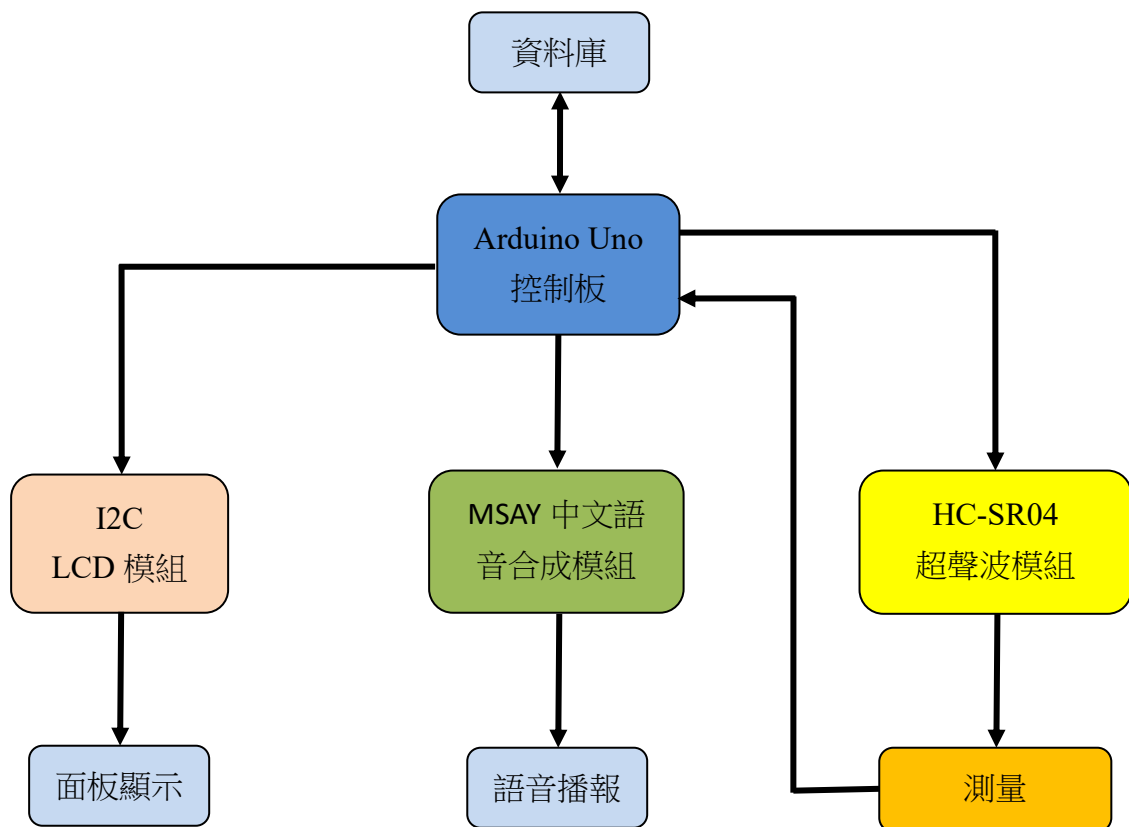


圖 1 系統方塊圖

肆、研究過程

本小組經過討論後，擬定此研究計畫之過程及方法。首先我們確認主體之後，便找些相關之文獻資料參考，使我們對此研究主題及與使用之材料有進一步的了解與想法。接著我們開始設計此次實驗，實驗共分成三大項，分別為以超聲波感測器距離量測、I2C LCD 模組的顯示與語音模組的操作，我們又將實驗一分成三個距離測試，分別約為 10 公分、50 公分及 100 公分。其意義為檢驗系統是否有問題及量測值之穩定性。接著我們將實驗的數據做整合，以便製作作品說明書。最後我們討論該如何包裝實驗器材，使其較有整體美感，並開始製作作品說明書，研究流程如圖 2 所示。

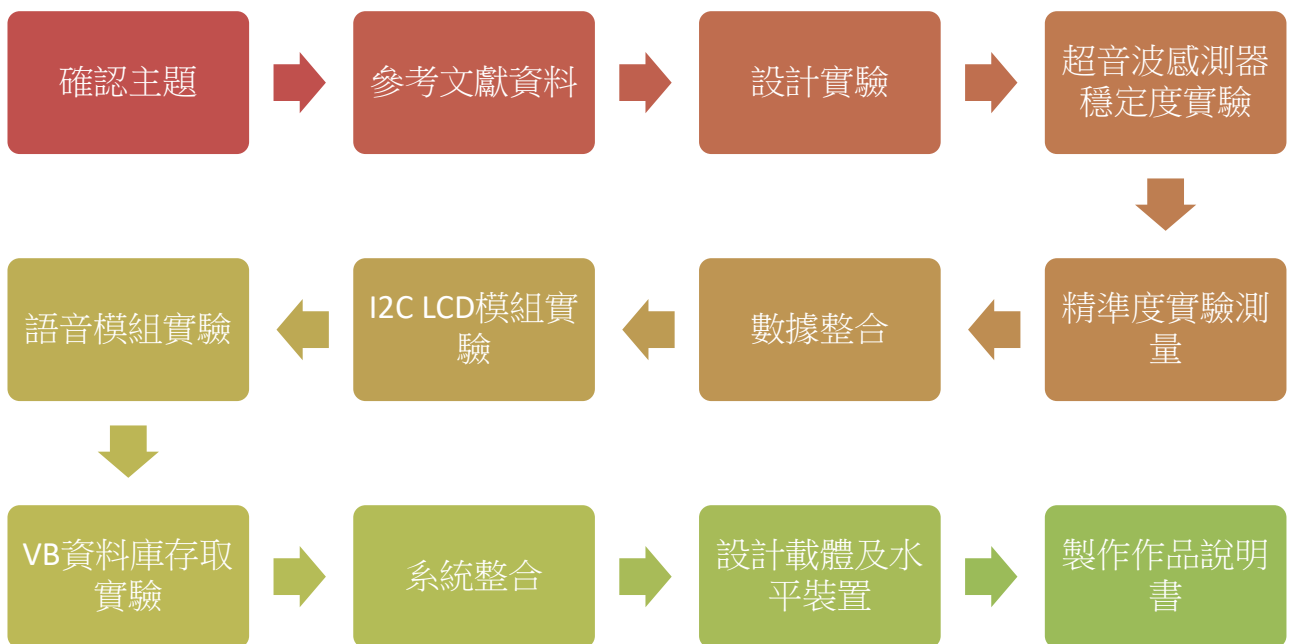


圖 2 研究流程圖

由國中自然科課本中我們得知當聲波接觸到物體時會產生反射，經反射後的聲波我們稱為回聲，而本小組利用聲波會反射之原理設計了此測距的實驗。我們已知聲波在空氣中傳播的速率受溫度影響，溫度越高，聲波傳播速率也就越快。溫度與聲速間的關係式如下：

$$v = 331 + 0.6 \times t \quad (1)$$

公式(1)中變數 t 為攝氏溫度， v 為聲音傳播速率，因變數 t 之數值不同進而影響聲波傳播速率(變數 v)有所不同。本小組將溫度設定為攝氏 20 度，得知聲速大約為 343 (m/s)，單位換算一下約為 $343 \text{ (m/s)} = 34300 \text{ (cm/s)} = 34.3 \text{ (cm/ms)}$ 。我們可用聲波會反射的原理推算出距離，但因為我們接收到的是回聲，若要接收到回聲的聲波就代表聲波已經傳播了我們欲測量之距離的兩倍之遠，相對的從發射超聲波到接收到回聲所花費的時間也是超聲波傳播我們欲測量之距離應花費的時間的兩倍，所以我們以波速及接收到回聲所花費的時間推算出來的距離須除以二，方為我們欲測量之距離。公式如下：

$$d = \frac{1}{2} \times v \times t \quad (2)$$

其中 d (distance) 為受測物至超聲波發射器的距離，亦為我們欲測量之距離， v 為聲速， t 為從發射聲波到接收到回聲所花費的時間，如此我們便能以聲波會反射之原理推算出兩者之間的距離了。

但到目前為止，此機器仍無法算出受測人的身高，只能推算出受測人的頭頂於超聲波發射器之間的距離。因此本小組將此超聲波自動語音身高量測機設計為第一此使用時須做基準距離量測的動作，此時機器下方必須清空，以利此機器做上述動作，這時機器會開始發射超聲波進行測距，推算出來的距離即為基準距離，亦為機器的超聲波發射器至地面之距離，距離算出來後機器會將剛才量出來得數值(基準距離)記住，然後受測者便可站在機器下讓機器測距，機器同樣會發射出一連串 40 KHz 的超聲波，並運用公式(2) ($d = \frac{1}{2} \times v \times t$) 測量距離，但此時測量出來的距離為超聲波發射器至受測者頭頂的距離，而機器也會將此數值(機器至頭頂距離)記住，並將第一次測的數值(基準距離)與第二次測得的數值(機器至

頭頂距離)相減,相減完的差即為受測者的高度,如圖3所示,再由語音模組和 I2C LCD 模組播報及顯示測量值。

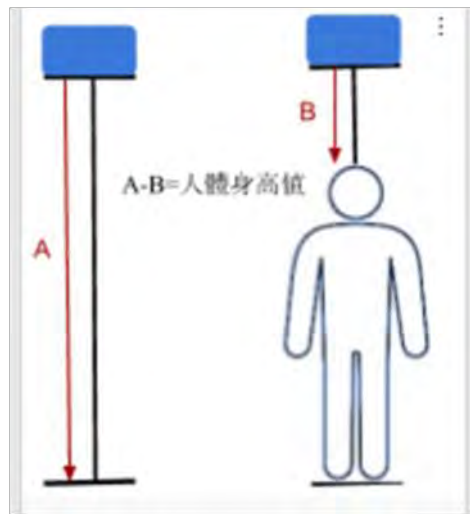


圖3 量身高基本示意圖

一、超聲波感測器距離量測實驗

本小組設計實驗時,考量到實驗的方便度,決定採用水平測量,而非垂直測量。實驗方法為分別在桌面上距離超聲波感測模組約 10 公分、50 公分及 100 公分處設置障礙物,並在障礙物與超聲波測距感測模組之間放捲尺,以方便大略估計距離,受測距離即為障礙物與超聲波發射器之距離,每個實驗距離分別取得 10 個數據,以觀察超聲波感測器距離量測之穩定性及準確性。實驗示意圖如圖 4 所示。

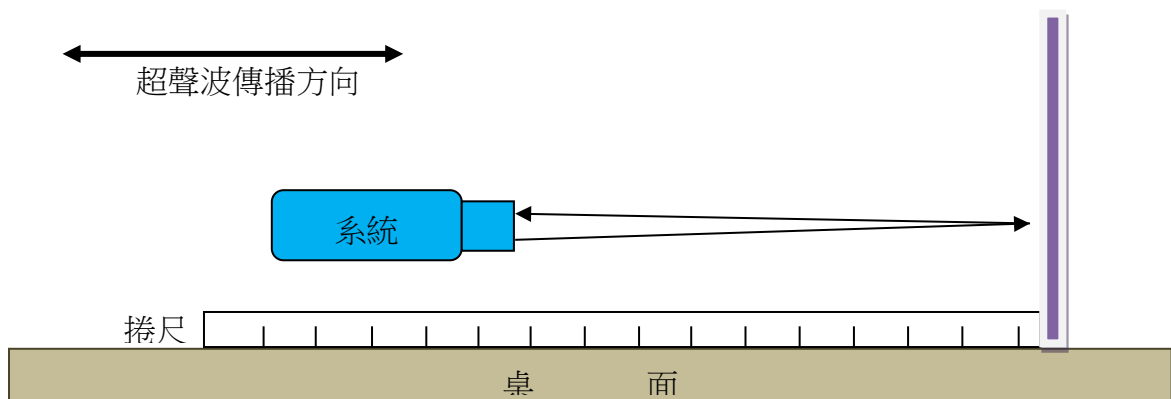
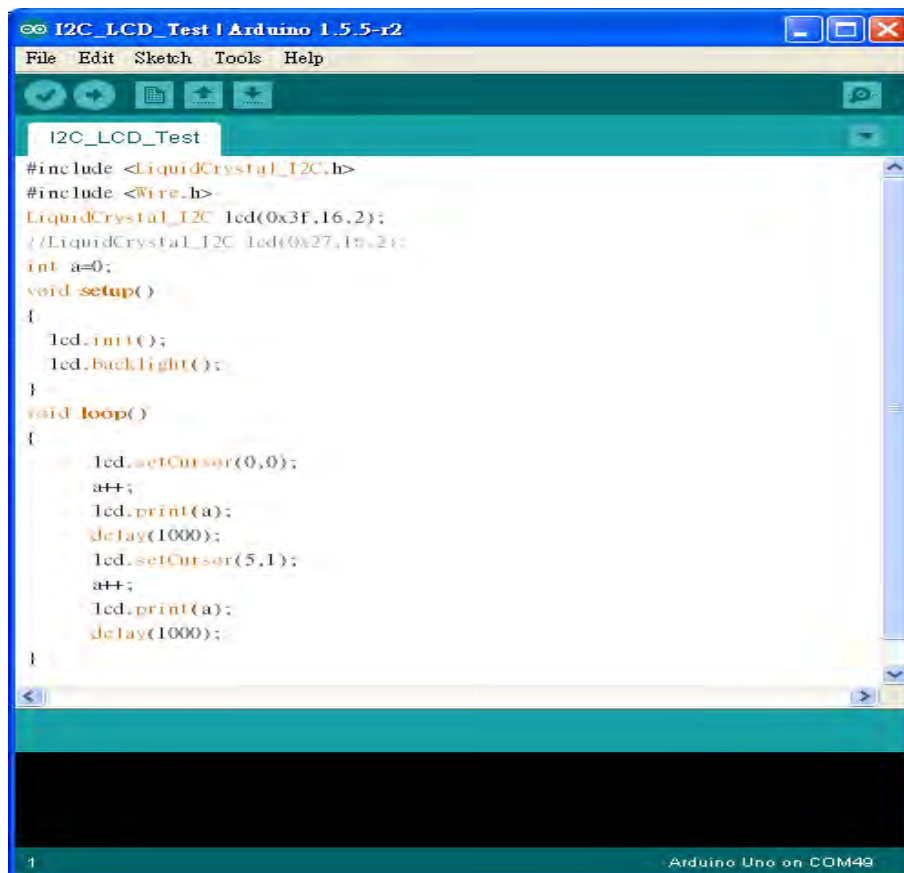


圖4 實驗示意圖

二、I2C LCD 模組實驗

部分程式碼與實際接線分別如圖 5、6 所示。



```
I2C_LCD_Test | Arduino 1.5.5-r2
File Edit Sketch Tools Help
I2C_LCD_Test
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,16,2);
//LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
int a=0;
void setup()
{
  lcd.init();
  lcd.backlight();
}
void loop()
{
  lcd.setCursor(0,0);
  a++;
  lcd.print(a);
  delay(1000);
  lcd.setCursor(5,1);
  a++;
  lcd.print(a);
  delay(1000);
}
1
Arduino Uno on COM49
```

圖 5 I2C LCD 測試程式碼

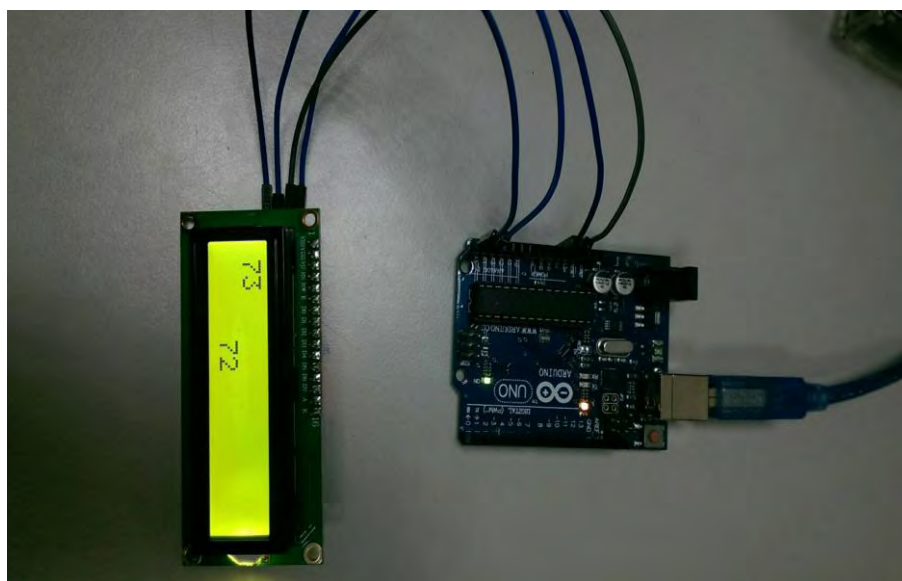
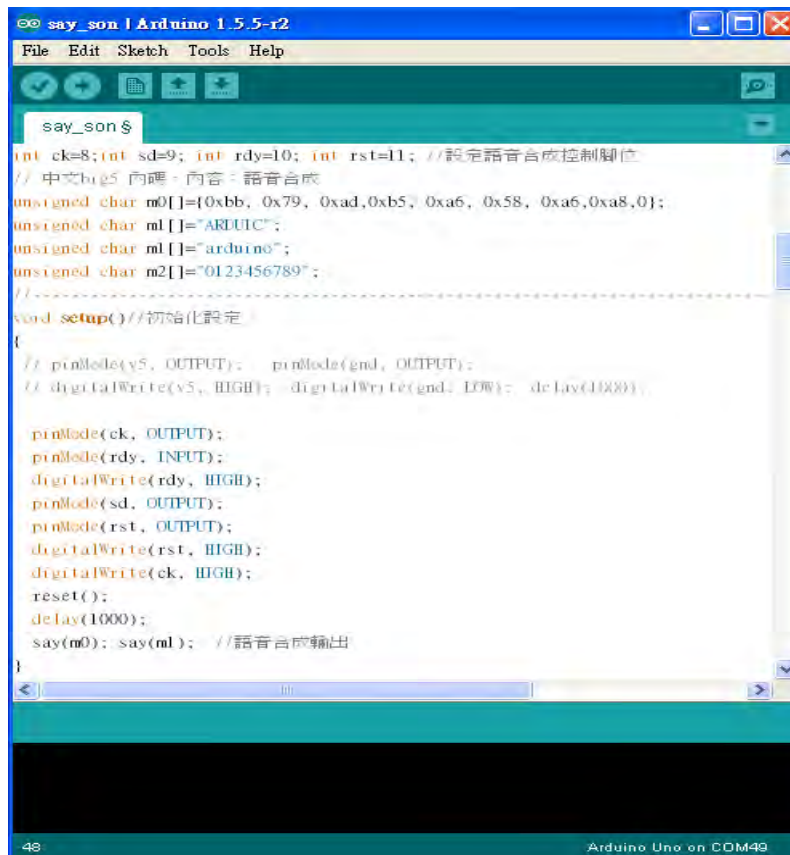


圖 6 I2C LCD 實際接線圖

三、MSAY 中文語音合成模組實驗

部分程式碼與實際接線分別如圖 7、8 所示。



```
say_son | Arduino 1.5.5-r2
File Edit Sketch Tools Help
say_son $
int ck=8; int sd=9; int rdy=10; int rst=11; //設定語音合成控制腳位
// 中文big5 向譯 - 內容 - 語音合成
unsigned char m0[]={0xbb, 0x79, 0xad, 0xb5, 0xa6, 0x58, 0xa6, 0xa8, 0};
unsigned char m1[]="ARDUIC";
unsigned char m2[]="arduino";
unsigned char m3[]="0123456789";
//-----
void setup()//初始化設定
{
  // pinMode(v5, OUTPUT); pinMode(gnd, OUTPUT);
  // digitalWrite(v5, HIGH); digitalWrite(gnd, LOW); delay(1000);

  pinMode(ck, OUTPUT);
  pinMode(rdy, INPUT);
  digitalWrite(rdy, HIGH);
  pinMode(sd, OUTPUT);
  pinMode(rst, OUTPUT);
  digitalWrite(rst, HIGH);
  digitalWrite(ck, HIGH);
  reset();
  delay(1000);
  say(m0); say(m1); //語音合成輸出
}
48 Arduino Uno on COM49
```

圖 7 MSAY 中文語音合成模組部分程式碼

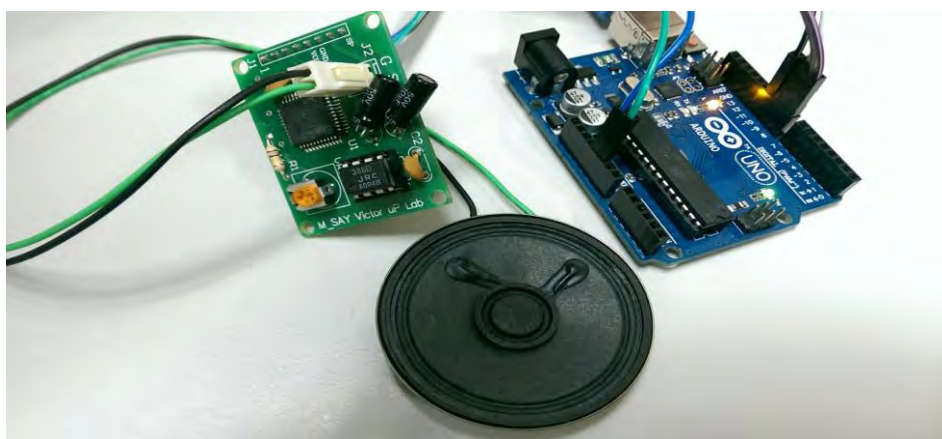


圖 8 MSAY 中文語音合成模組實際接線圖

四、Visual Basic 6.0 程式設計資料庫存取實驗

一個 Access 資料庫 (Database) 是由一個或多個資料表 (Table) 所組成。而每個資料表又由一些相關的資料欄 (Data Field) 組成，每個資料欄都配合要存放的資料性質與大小。本專題使用 Adodc(Active Data Object Data Control)控制物件來連結資料庫中的資料表，同時利用 DataGrid 控制物件以顯示 Adodc 控制物件所連結資料表的內容。其物件畫面如圖 9 所示。系統運作流程圖如圖 18 所示。

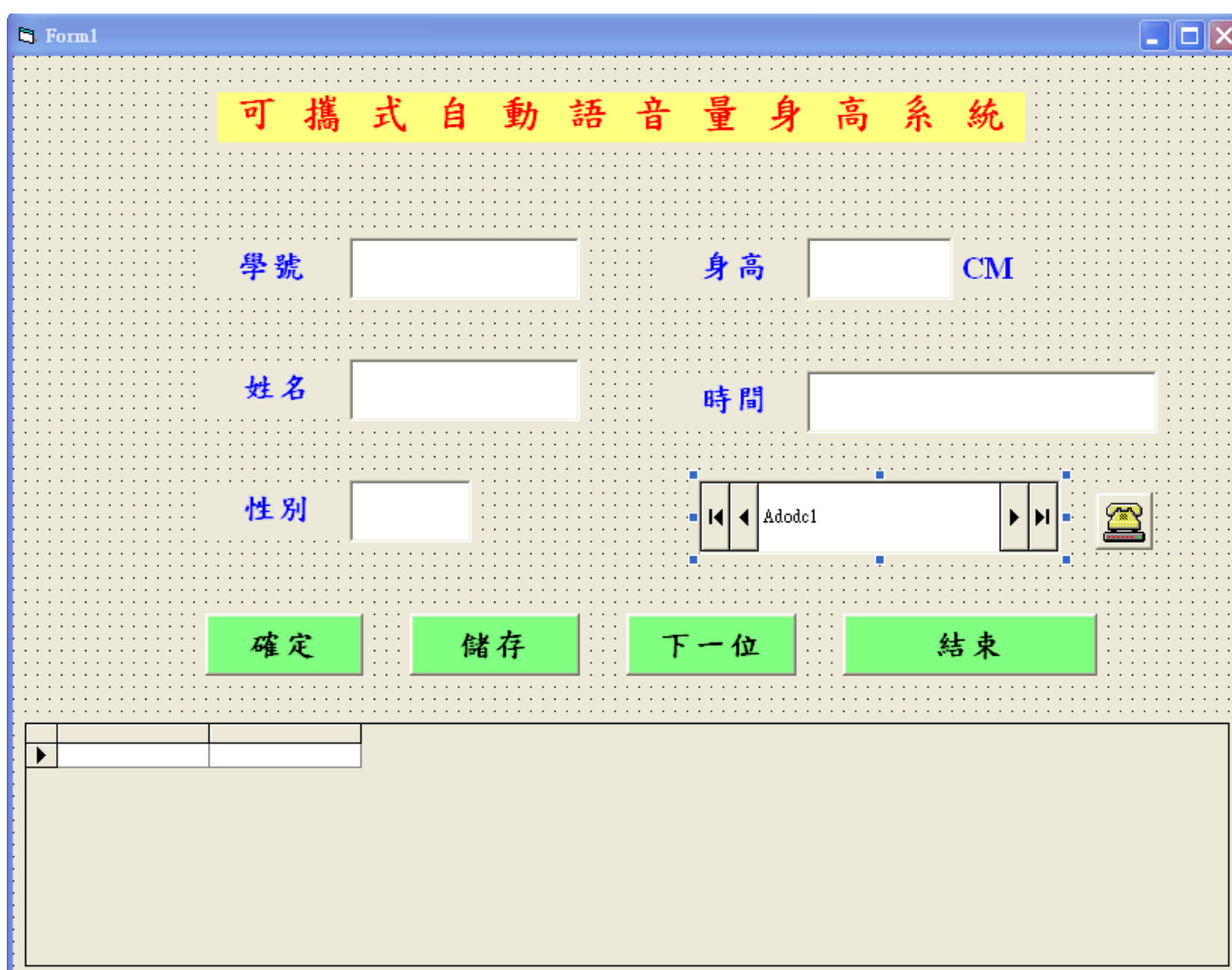


圖 9 Visual Basic 6.0 物件畫面

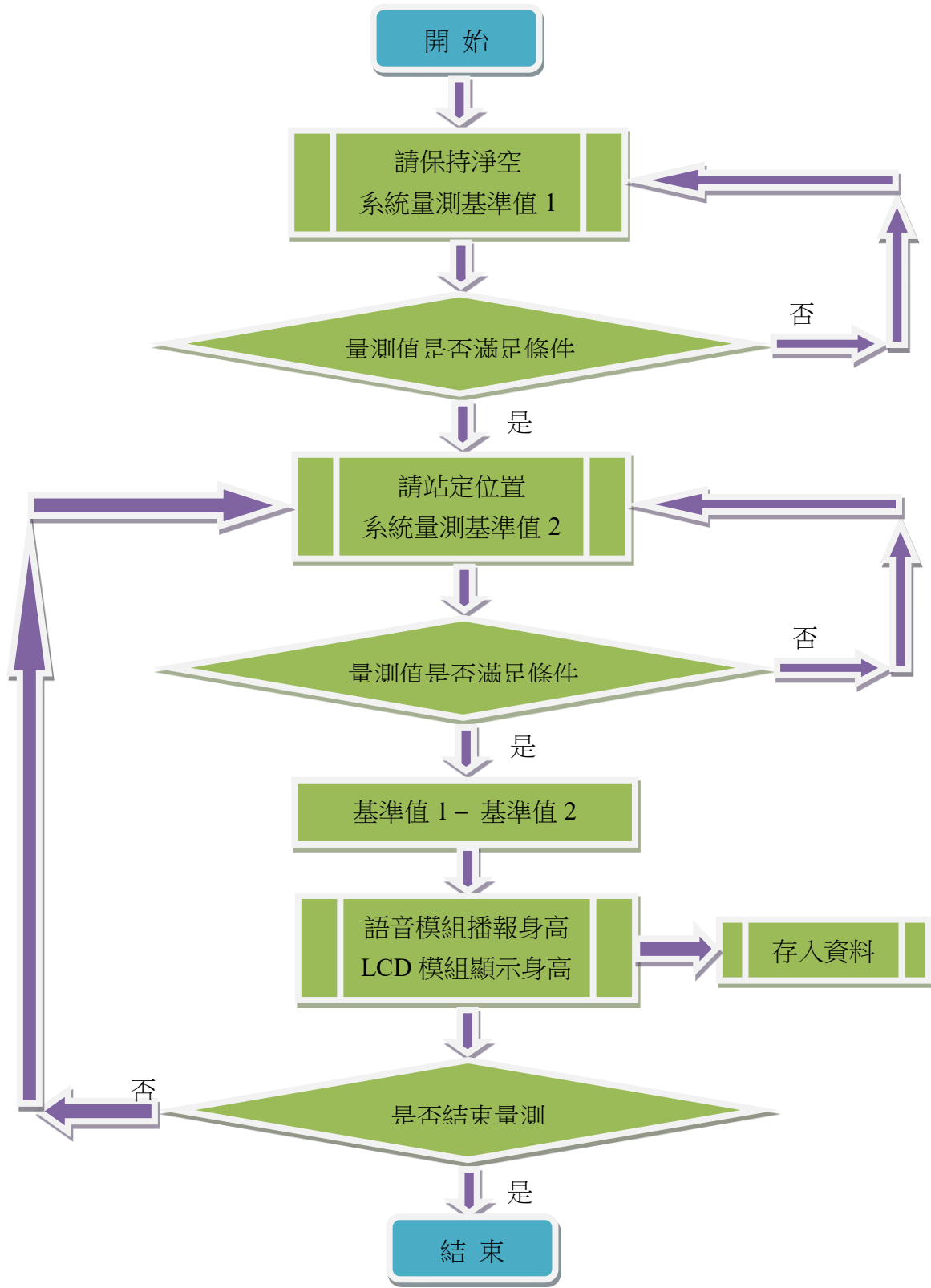


圖9 系統運作流程圖

伍、研究結果

由實驗後所得之結果顯示 I2C LCD 模組可正常工作，MSAY 中文語音合成模組也可依程式設定發出正確的語音，唯獨超聲波感測器距離量測的實驗結果出現穩定性不佳的問題，實驗數據結果如下所示，需進行改善。經本小組討論之後想出了兩種改善方法，第一種方法為超聲波感測器連續量測十次，取得十筆數據，從這十筆數據中取得平均值，此為方法一。但方法一又可能遇到連續測量的過程中，出現一、兩筆誤差大的數據，那麼將會使稍後取得的平均值時進而產生變化。針對此問題，我們開始討論該如何改善，最後我們想出了方法二，既然，問題是出在那誤差值大的數值，那我們就將誤差大的數值排除在外，做濾波的動作，不納入計算平均的數據中，如此一來計算平均值的十筆資料中將不會出現任何會影響平均值非常多的數值存在，本小組認為這樣可以改善上述問題，並使系統量測之穩定省更佳。

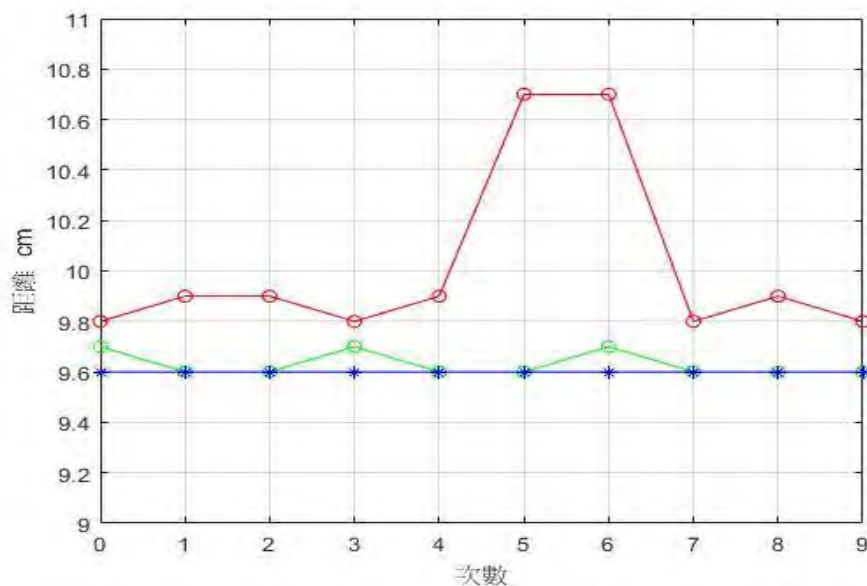


圖 10 10 公分測距原本實驗與經方法一和方法二後穩定性之比較圖

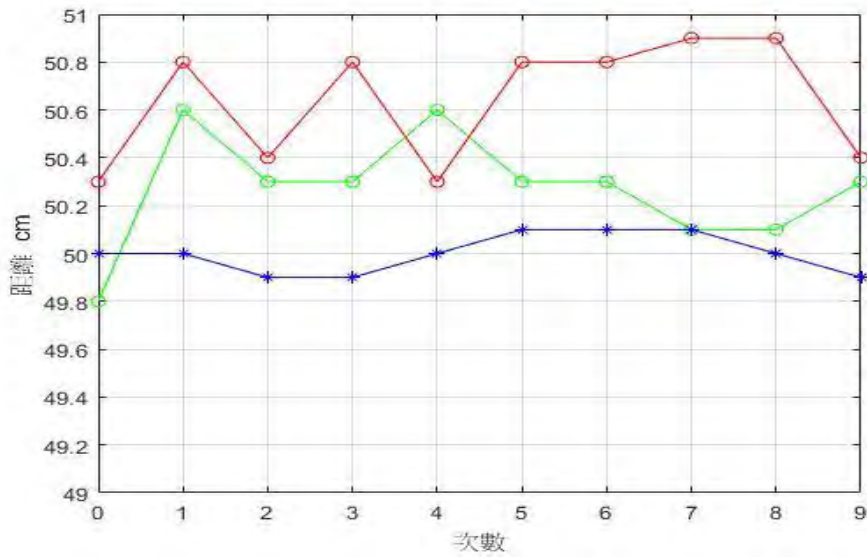


圖 11 50cm 測距原本實驗與經方法一和方法二後穩定性之比較圖

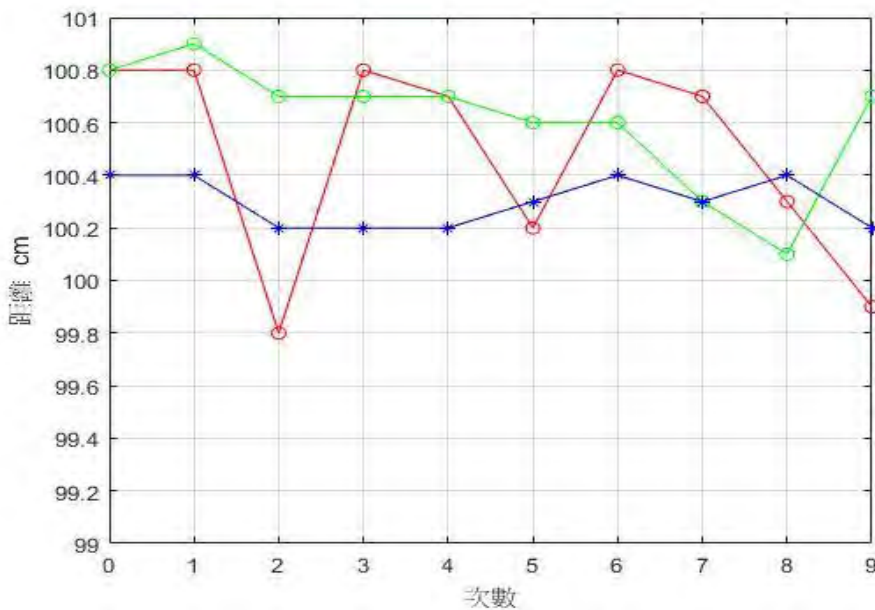


圖 12 100cm 測距原本實驗與經方法一和方法二後穩定性之比較圖

圖 10、圖 11 及圖 12 分別為 10 公分、50 公分、及 100 公分測距原本實驗與經方法一和方法二後穩定性之比較圖。紅色曲線為起初的設定之系統穩定性，綠色的曲線為經方法一修正後之系統穩定性，藍色的曲線為經方法二修正後之系統穩定性。曲線愈平表示穩定性愈佳。

陸、討論

準確性的部分，我們做了 166 公分至 200 公分的全距測距實驗。從實驗結果中我們發現在 166 公分至 200 公分範圍內的測量值的平均誤差約在 2.2 公分，因此要如何避免這 2.2 公分的誤差也成了我們需要討論的問題之一。

經小組討論，最後決定設計一款厚度為 2.2 公分且頂部較平整的帽子給受測人配戴，如此一來就可修正原本存在 2.2 公分的誤差值(藉由帽子的厚度將誤差值加回去)，更進而解決了每個人頭型或髮型對超聲波接收造成的影響，一舉兩得。

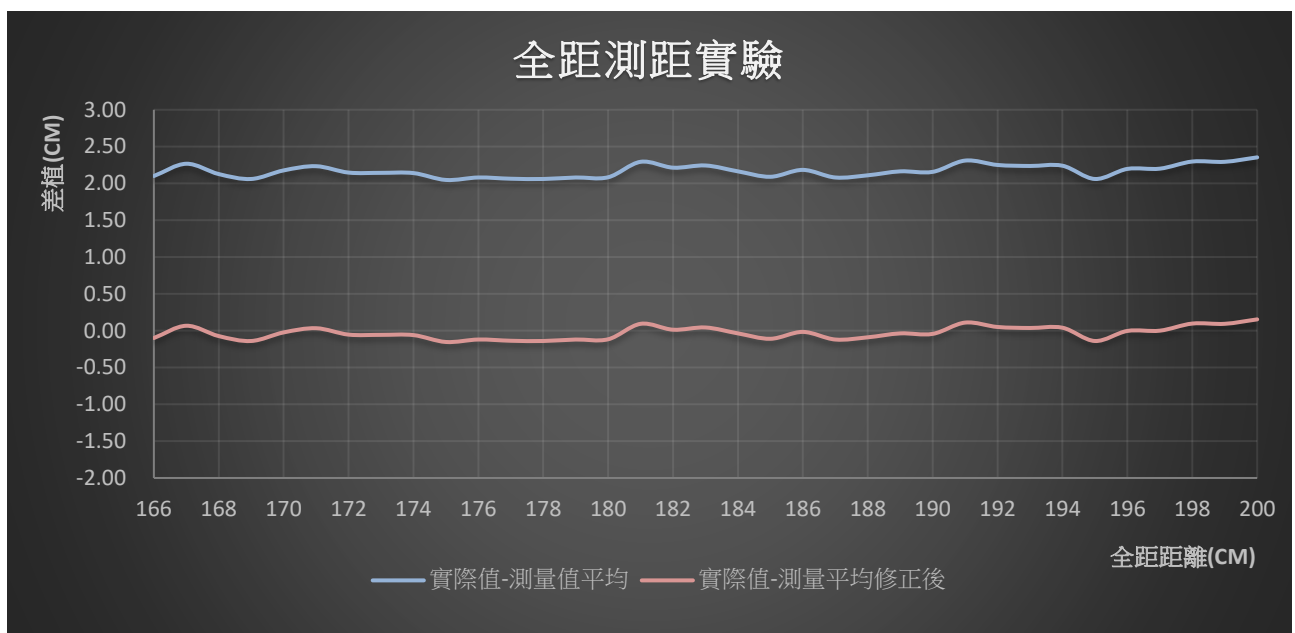


圖 13 全距修正前及修正後誤差之比較圖

藉由帽子將誤差值加回去後基準值就變精準了，但若機器至受測人頭頂間的距離不準，那麼最後得到的身高值也不會準確，因此我們做了 5 公分至 40 公分的超聲波準確範圍實驗，結果發現，5 公分至 25 公分(並非圖中整段)超聲波的測量值平均誤差最小(約 0.25cm)。

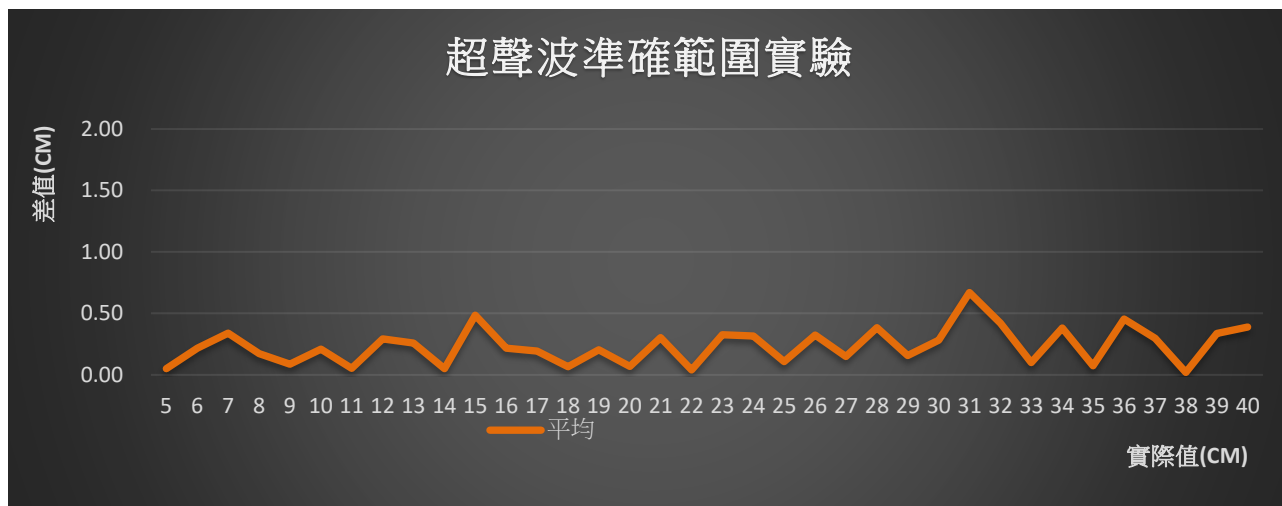


圖 14 5 公分至 40 公分的超聲波準確範圍實驗平均誤差值示意圖

基準值與距頭頂距離調整完後，我們便開始作模擬量測身高的實驗，將機器至於 180 公分處，把 180 公分當作基準值。實驗結果顯示實際身高 156 公分(頭頂至機器 24 公分)至 175 公分(頭頂至機器 5 公分)平均誤差值最小(約 0.5cm)，最為準確，這驗證了前述「5 公分至 25 公分超聲波的測量值較為準確」的實驗結果。

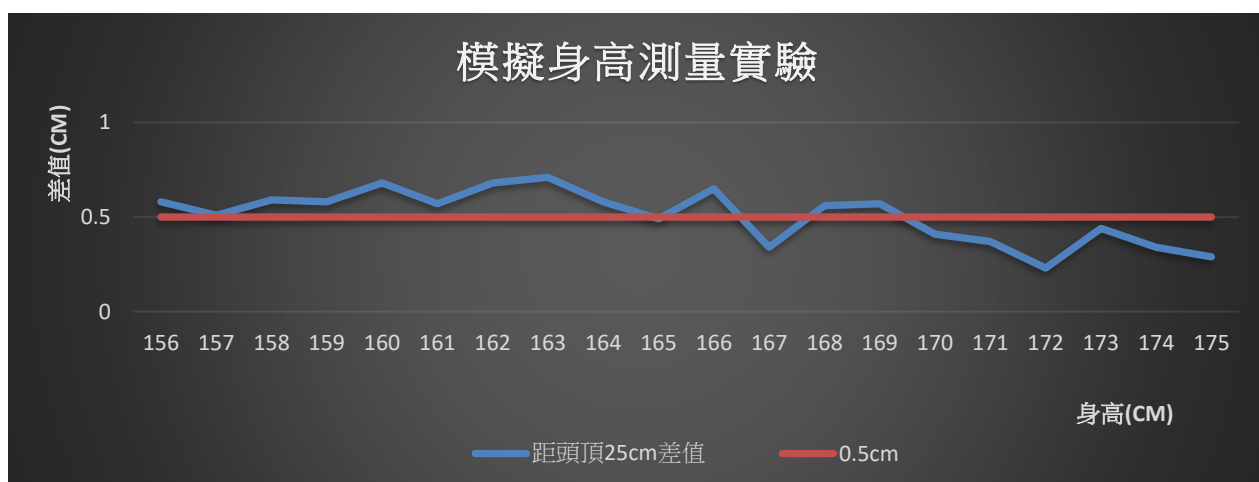


圖 15 模擬身高測量實驗誤差值示意圖

由於系統有準確值範圍的限制(設備距受測人頭頂約 5 公分至 25 公分處誤差最小)，所以在載具的設計上我們做出了相對應的配套措施。因為載具本身屬於可拆卸組裝之設備，故以增加或減少連桿的方式訂出兩組固定全距。全距為 180 公分時，可量測的身高範圍在 155 公分至 175 公分；全距為 200 公分時，可量測的身高範圍則落在 175 公分至 195 公分，依此類推。

柒、結論

穩定性的部分，我們藉由一個類似濾波的動作大大的提升了系統的穩定性；準確度的部分，我們從 166 公分至 200 公分的全距測距實驗、5 公分至 45 公分的準確範圍實驗及 140 公分至 175 公分的實際身高測量模擬實驗中作了細部的調整，使測量值更加的精準。

在提升穩定性與準確性後，再將系統量測值自動匯入資料庫，以減少人工操作的部分，更符合自動量身高系統的目的，未來也可利用資料庫系統的應用以達到更便利的結果，例如可以查詢並製作生長曲線圖…等。

這套系統不僅打破了使用上的空間限制，同時減少了排隊的時間以及人員的業務量，而且其造價遠遠不及現行使用接觸式身高機(市售 65000)的二十分之一。這套系統是一個同時兼具「省時」、「省力」、「省空間」、「省成本」四贏的優質設計，未來若能在精準度上更進一步，並加以包裝和推廣，我們有信心能取代現在學校機關所使用的直立式身高體重計。

捌、參考資料

一、超聲波結合語音模組應用及討論

<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2014/11/2014111419035945.pdf>

二、行動語音測距槍

<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2015/03/2015032510183969.pdf>

三、HC-SR04 超聲波感測器介紹

<http://coopermaa2nd.blogspot.tw/2012/09/hc-sr04.html>

四、Arduino 筆記：超聲波測距模組

http://atceiling.blogspot.tw/2017/03/arduino_28.html

五、Arduino 範例 14：測試超聲波模組（HC-SR04）

<http://ming-shian.blogspot.tw/2013/09/arduino-hc-sr04.html>

六、Arduino 超聲波模組測試

<http://yhhuang1966.blogspot.tw/2016/10/arduino.html>

七、【自造學堂】Arduino 如何透過 I2C 控制 LCD 模組

<https://makerpro.cc/2017/02/how-arduino-use-i2c-to-control-lcd-module/>

八、Visual Basic 程式設計 資料庫

<https://www.cyut.edu.tw/teacher/ft00005/Programming.pdf>

九、楊明豐（2014），Arduino 入門與應用 打造互動設計輕鬆學

【評語】 032803

1. 這是一個有創意的作品，系統架構包括：Arduino 平台、超音波模組、語音模組、LCD 顯示，還有資料庫，相當完整。雖然理論很簡單，但可以改變機械式身高量測儀的方式。
2. 透過超聲波模組節省量測的時間，又可以自動登錄資料，對群體的量測場域(如學校、軍隊、醫院等)很有幫助。
3. 量測誤差的問題很重要，本研究提出兩種降低誤差的方法，有效降低變異量，但穩態誤差問題的改善仍有努力空間。

動機

	傳統測量	現代測量	
測量工具	長繩	接觸式身高機	超音波測距機(語音)
取得測量值方式	人	機器面板	面板(語音播報)
測量工具性質	容易取得 誤差較大 測量值較不準	誤差較長繩小 體積大、占空間 接觸時易造成誤差	誤差小 立即得知測量值 輕便、方便
成本	低	高	接觸式1/20

傳統式身高機



研發後模型



收納後的示意圖



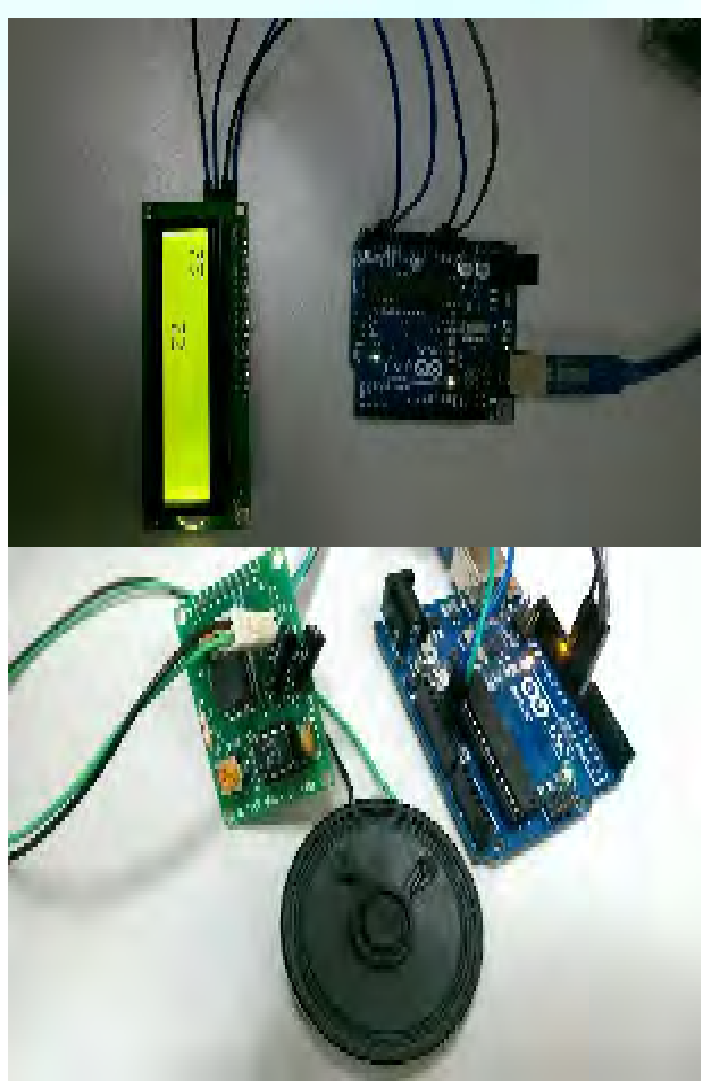
系統流程圖

超聲波測量原理

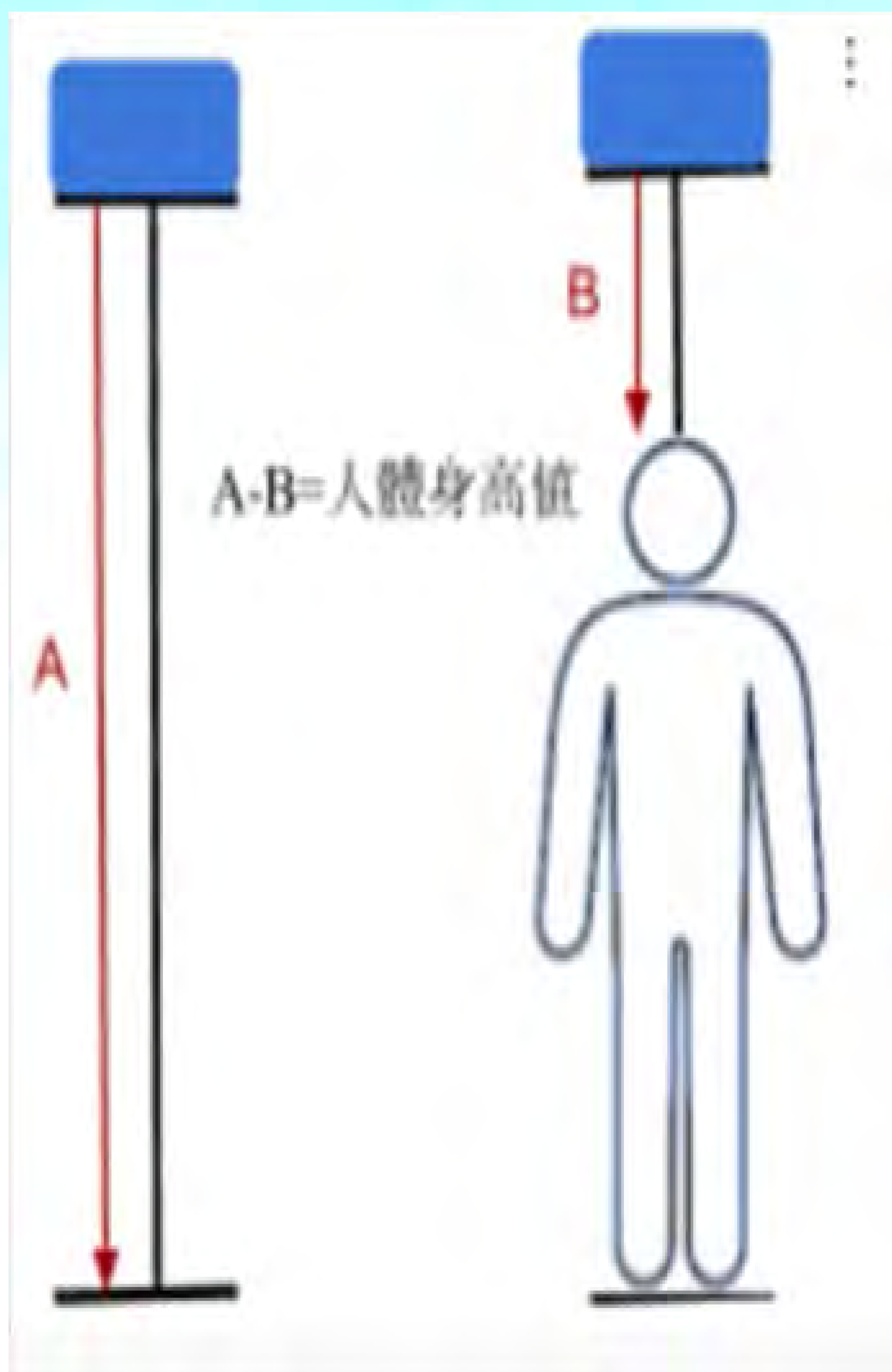
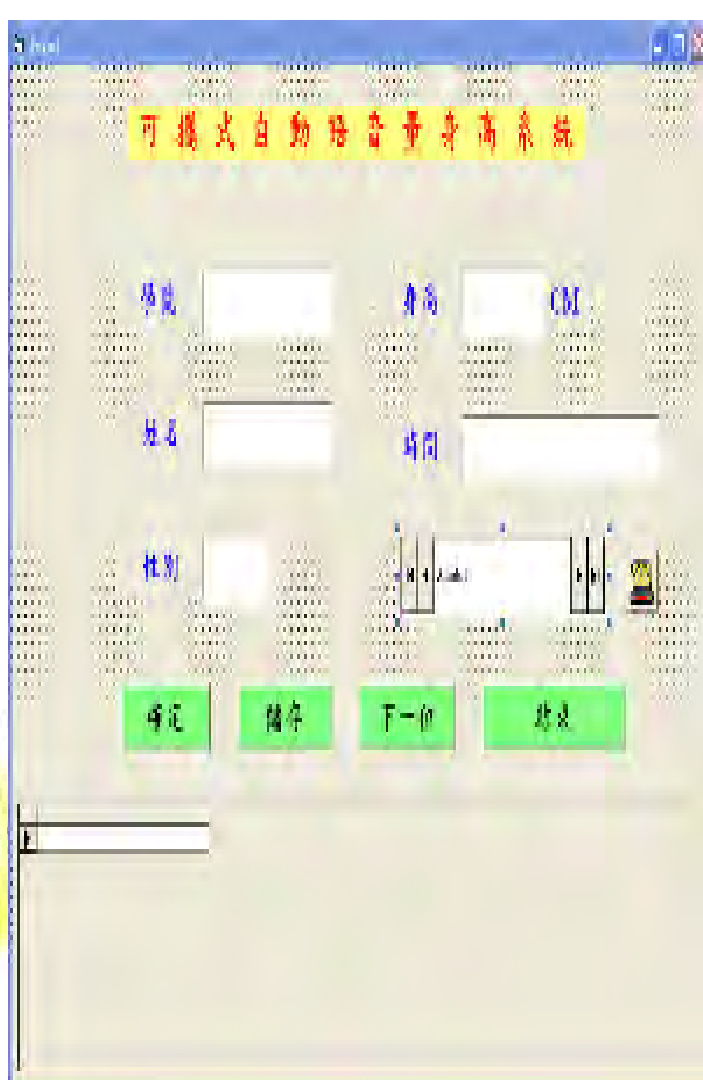
系統量測身高
+體重



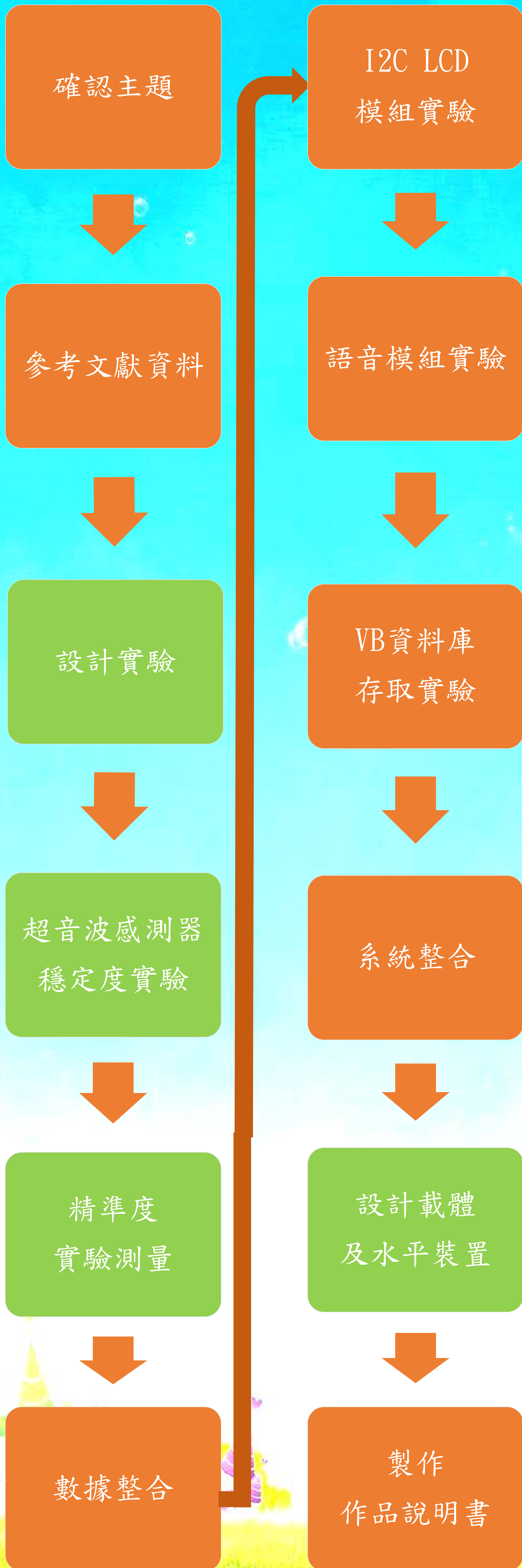
語音播報
+螢幕顯示



身高體重
匯入資料庫



研究流程

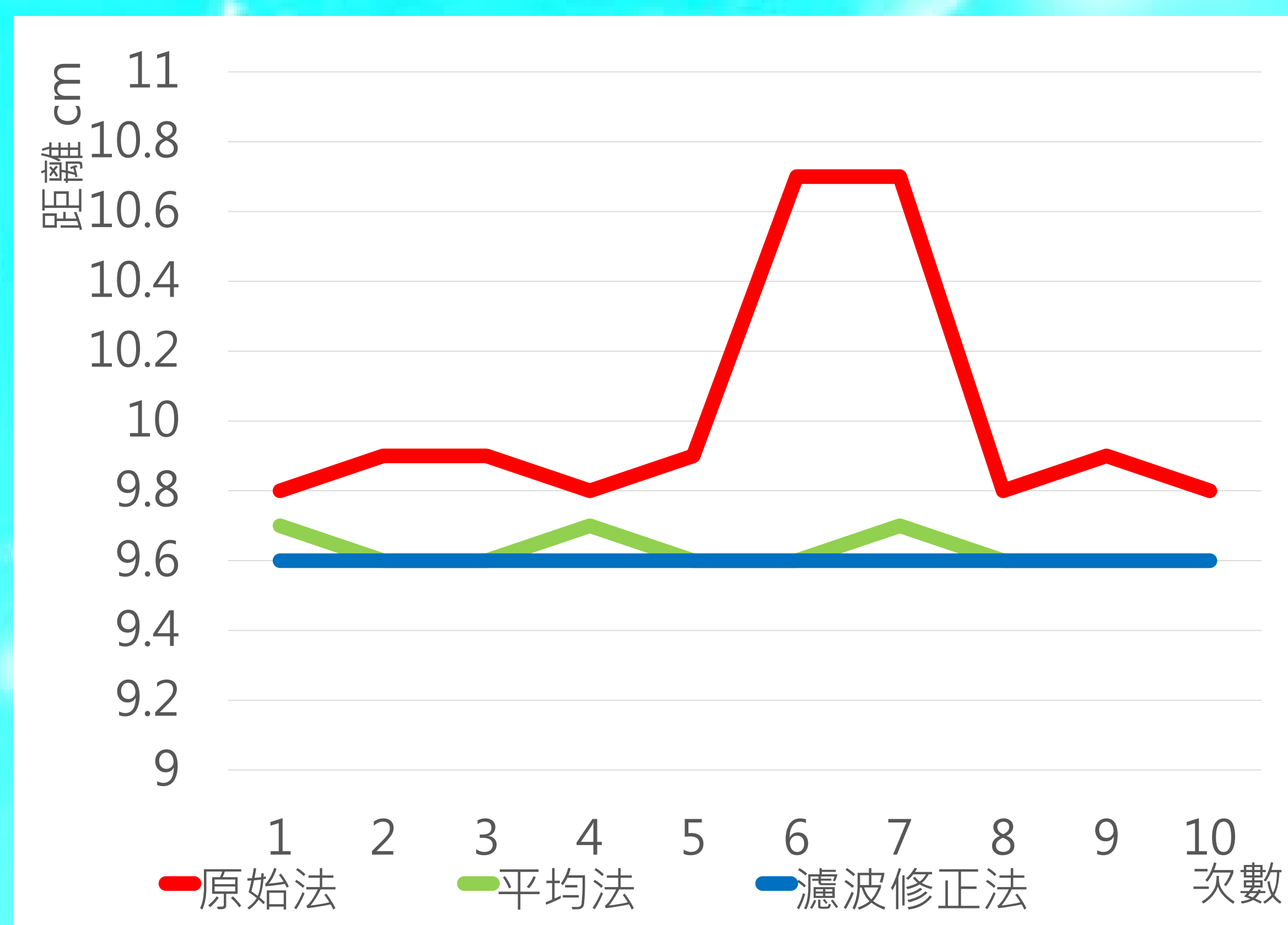


穩定性分析

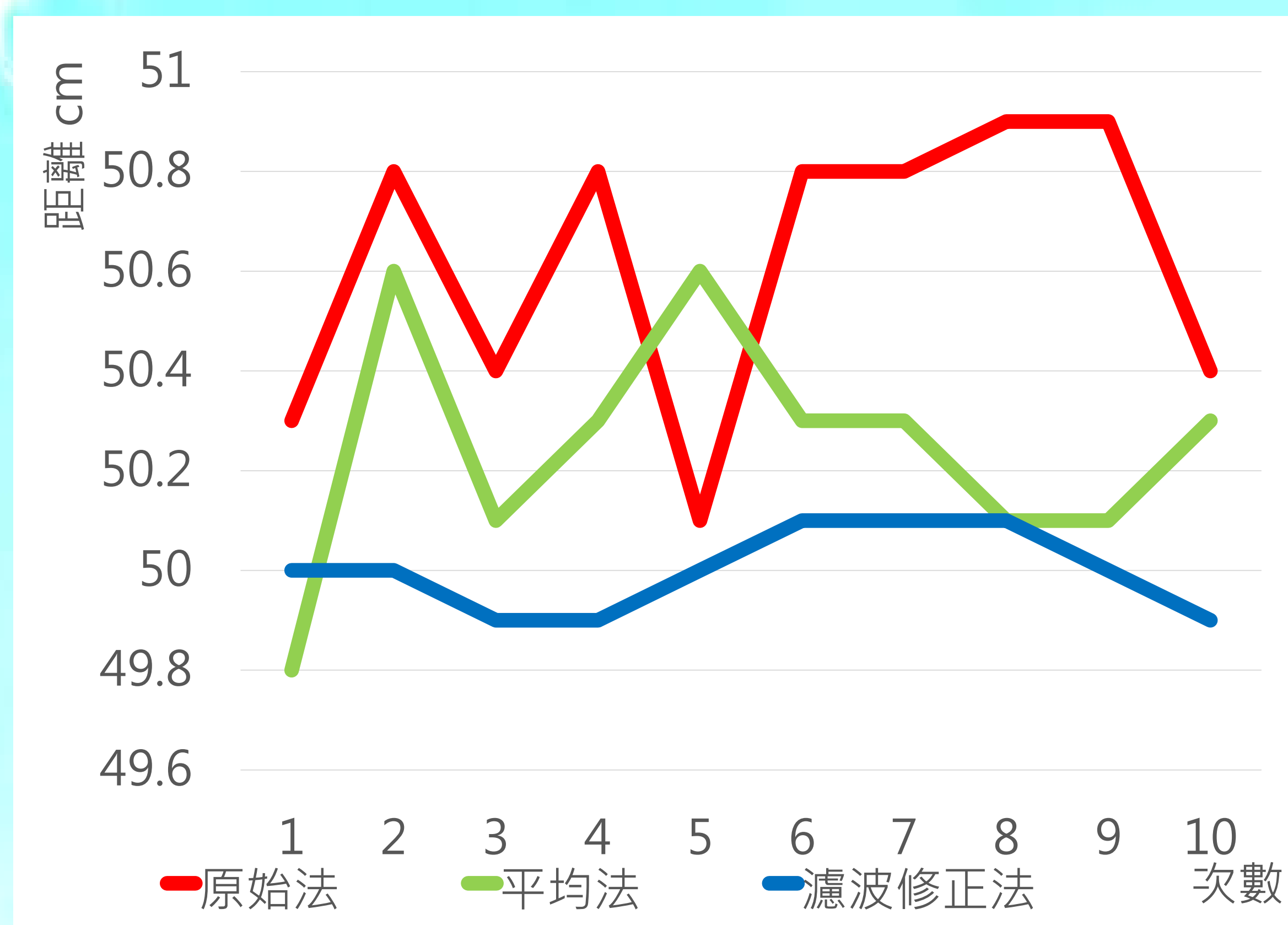
紅線為原始量測法之系統穩定性

綠線為經平均修正法後之系統穩定性

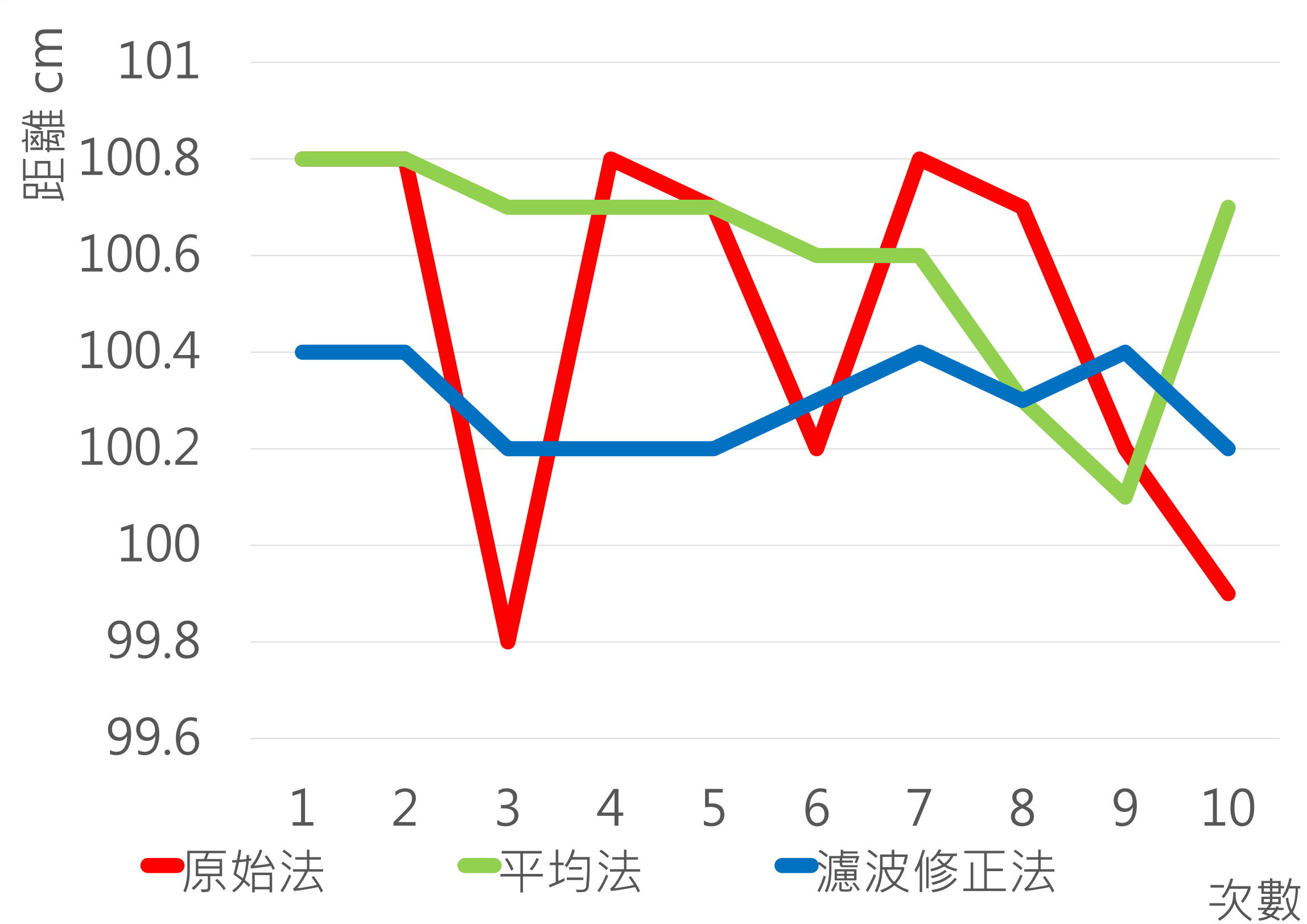
藍線為經濾波修正法後之系統穩定性



圖(一) 10公分測距實驗結果比較

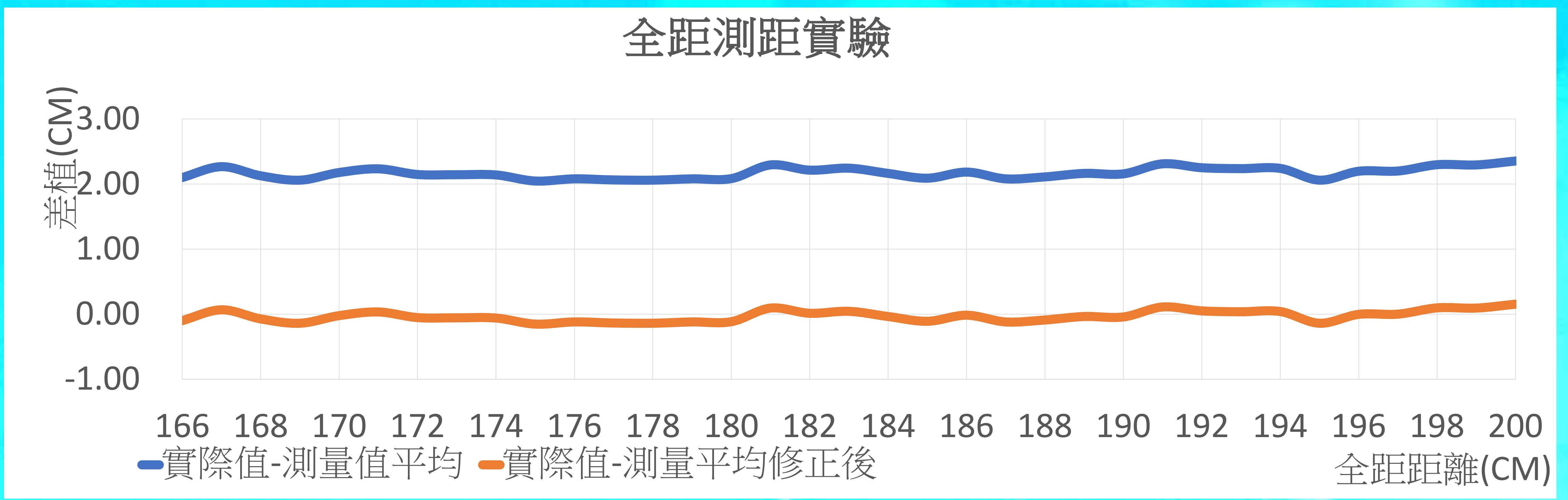


圖(二) 50公分測距實驗結果比較

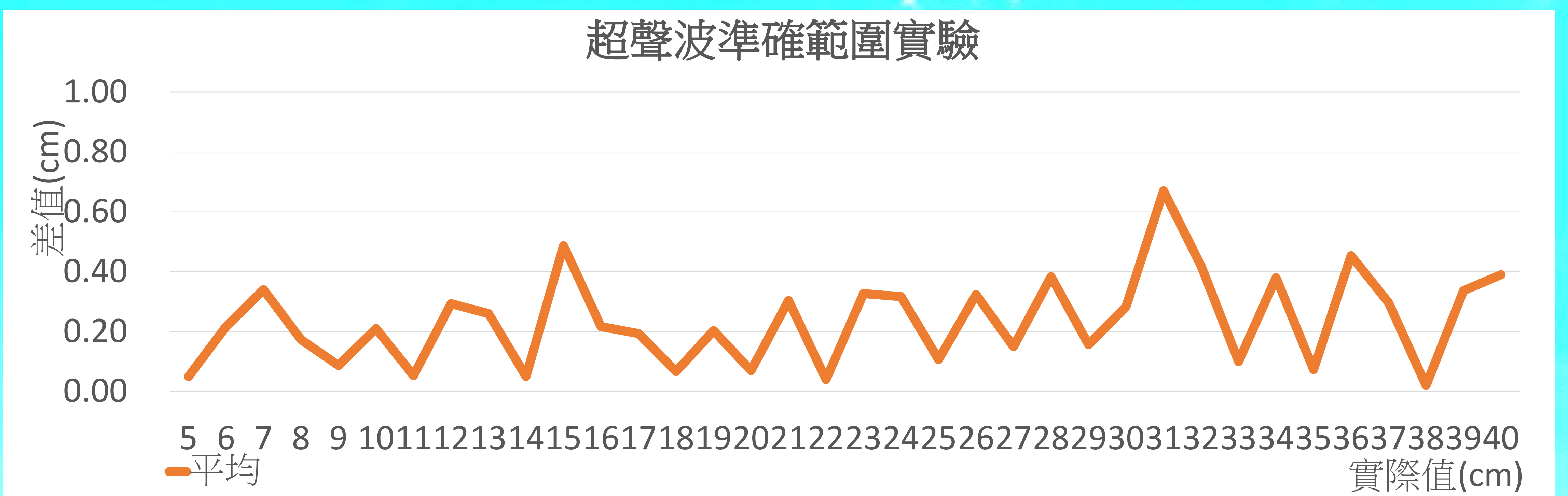


圖(三) 100公分測距實驗結果比較

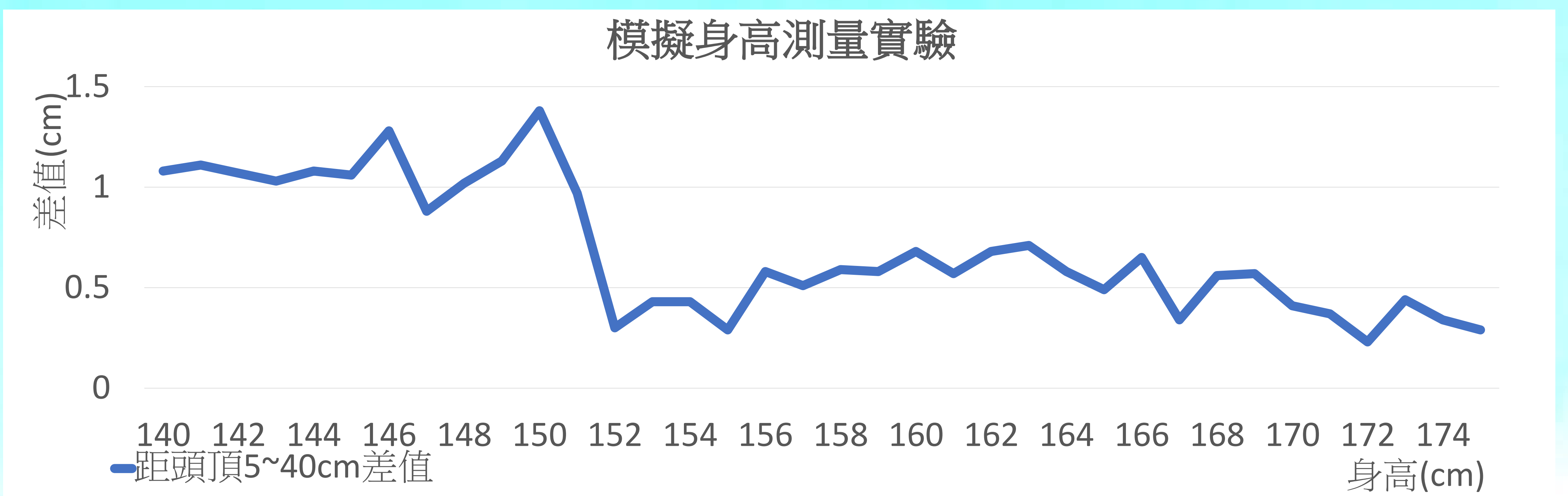
全距測距實驗



超聲波準確範圍實驗(5~40cm)



模擬身高測量實驗



結論

