建國科技大學

工業工程與管理系

102 學年度專題製作

3 維感測器應用於跌倒模式分析

Analysis of Falling Models by Using Three Dimension Sensors

指導老師

吳章傑

IE102 日三 A-05

製作學生

100405018 魏家琪

100405020 葉峻宏

100405040 許宏偉

100405056 張雋瑋

中 華 民 國 103 年 5 月 1 日

建 國 科 技 大 學　工 業 工 程 與 管 理 系

專題製作口試委員會審定書

本系 102 學年度學生：魏家琪、葉峻宏、許宏偉、張雋瑋 等員

所提專題題目： 3維感測器應用於跌倒模式分析 合於大學生畢業資格水準，業經本委員會評審認可。

口試委員：顏雪娟　　

吳章傑　　

指導老師：吳章傑　　

系 主 任：

中 華 民 國　103 年 5 月 1 日

致　謝

本專題製作結合了本小組的眾人之力，分工合作並反覆檢討與改進；在同學們互助合作之餘，更要感謝師長的教導有方。在這三年生活裡使我們體會到，作為一個工管人應有的專業知識領域及讓我們學習到有別於其他科系所體會不到的團結。由於專題研究期間，承蒙指導老師吳章傑細心指導，指引我們正確的方向，在老師公務繁忙中，還要挪出僅有的休息時間，不求回報的為小組的專題做指導與修改，使本專題小組能順利完成研究專題，本專題小組感謝吳章傑老師不遺餘力的教導與付出，在此獻上十二萬分的感謝。

摘　要

現在已進入高齡化社會，跌倒傷害造成的傷害對老年人健康是一大殺手。即便救護可降低老年人跌倒的傷害程度。本研究針對人的各種動作特徵，並建立出各種姿勢的跌倒模式，作為此裝置的研究數據。跌倒警示系統的建置為即時救護時所需之工具，惟跌倒警示系統對於跌倒訊號的誤判常導致系統可靠度降低，作為開發跌倒警示系統的鑑別資料，以有效提高系統對跌倒狀態的偵測辨識可靠度。本研究以系統化創新(TRIZ)為問題分析工具，經功能分析與因果衝突鏈分析，確認跌倒警訊裝置能有效的掌握跌倒特徵，並與 3D 陀螺儀及加速規結合 Arduino 系統，抓取更完整的跌倒訊號藉以預測人跌倒之訊號與特徵，並減少誤判次數，以提供遠端監測人員迅速反應，縮短搶救時間，研究成果可作為改進跌倒警示系統偵測辨識可靠度與防跌輔具開發的參考。

關鍵詞：3D 陀螺儀、系統化創新(TRIZ)、跌倒模式、加速規、Arduino 系統。

ABSTRACT

Falls are the major invisible killers in elderly health care today. Immediate rescue system can alleviate the severity of falls in elderly people. Installation of a warning system for fall-risk elderly people is important and necessary for immediate rescue system. This study investigated the falling characteristics for the people's motion, and to establish fall modes and research data. Falling warning system is needed to detect falling situation, but error signals often reduce system reliability. This study used systematic innovation technology (TRIZ) as the analytical tool and by using functional analyses and cause-effect chain analysis to analysis that the reason of a warning system's misjudgment. By using the sensors of Grove - 3-Axis Digital Gyro and Grove - 3-Axis Digital Accelerometer combined with ARDUINO micro processing system, grab falling signals in order to predict the signal characteristics of people fall and reduce the number of false positives in order to provide remote monitoring personnel respond quickly, shortening the rescue time. The research results can be used to improve the reliability of identification fall detection and warning system aids the development of fall prevention reference.

Keywords: TRIZ, Falling Mode, Grove - 3-Axis Digital Gyro, Grove - 3-Axis Digital Accelerometer

目　錄

致謝---------- Ⅰ
摘要---------- Ⅱ
英文摘要----------Ⅲ
目錄----------Ⅳ
圖目錄----------Ⅴ
表目錄----------Ⅶ
第一章 緒論
1-1 研究動機----------1
1-2 研究目的----------2
1-3 研究流程----------3
第二章 文獻回顧與探討
2-1 跌倒偵測資料----------4
2-2 技術趨勢分析專利技術地圖----------6
第三章 研究工具
3-1 TRIZ 介紹----------8
3-2 Arduino 系統介紹----------10
3-3 感測器介紹----------16
第四章 實驗與分析
4-1 實驗設計----------23
4-2 實驗結果分析----------23
第五章 結論
結論----------31
參考文獻----------32

圖目錄

圖 1-1 研究流程圖----------3
圖 3-1 Arduino 板----------11
圖 3-2 USB 連接線----------12
圖 3-3 打開閃爍圖----------13
圖 3-4 選擇 Arduino 的工具入門----------14
圖 3-5 選擇輸出入埠----------14
圖 3-6 Arduino 的 Blink 範例常式----------15
圖 3-7 三軸電子陀螺儀----------16
圖 3-8 硬件連接----------17
圖 3-9 下載程式及上傳程序----------18
圖 3-10 程式數據圖----------19
圖 3-11 陀螺儀方向結構圖----------19
圖 3-12 Grove - 3 軸數字加速度----------20
圖 3-13 獲得原始數據----------21
圖 3-14 傳回來的數據----------21
圖 3-15 加速度的方向----------22
圖 3-16 數據----------22
圖 4-1 實驗重覆性驗證：手臂自由擺動碰撞----------23
圖 4-2 實驗重覆性驗證：肩部拍擊碰撞----------23
圖 4-3 手臂自由擺動----------24
圖 4-4 手臂自由擺動 3 維陀螺儀波形----------24
圖 4-5 手臂自由擺動波形 3 維加速規波形----------25
圖 4-6 手臂自由擺動碰撞【30】----------25
圖 4-7 垂直手部撞擊模式與波形----------25
圖 4-8 垂直手部撞擊 3 維加速規波形----------26
圖 4-9 拍打肩膀模式【30】----------27
圖 4-10 拍打肩膀模式與波形----------27

圖 4-11 拍打肩膀 3 維加速規波形----------28
圖 4-12 手部撞擊桌面模式【30】----------28
圖 4-13 手部撞擊桌面模式與波形----------29
圖 4-14 手部撞擊桌面 3 維加速規波形----------29
圖 4-15 手部抬高模式【30】----------30
圖 4-16 手部抬高模式與波形----------30
圖 4-17 手部抬高斜方向躺模式【30】----------31
圖 4-18 手部抬高斜方向躺模式----------31

]

表目錄

表 2-1 跌倒偵測專利技術地圖----------5
表 2-2 跌倒偵測專利技術地圖----------7
表 3-1 TRIZ 的工具----------8
表 3-2 TRIZ 流程分析----------9
表 3-3 Arduino 硬體介紹----------11
表 3-4 三軸電子陀螺儀規格參數----------17
表 3-5 三軸數字加速度計規格參數----------20

第一章 緒論

1-1 研究動機

現今科技的日新月異與醫療發展的進步，使得人們的平均壽命不斷延長與增加，由此可以得知老年人口在全世界所占的比率是非常高的。因此對於老人的照護也是目前臺灣社會的一大重點，老人因跌倒所造成的傷害比例越來越高，且跌倒對老年人的傷害是非常大的隱憂，本小組研究針對人的各種動作特徵，並建立出各種姿勢的跌倒模式，抓取更完整的跌倒訊號，藉以預測人跌倒之訊號與特徵，以提供遠端監測人員迅速反應，並減少誤判次數縮短搶救時間，因此以在校所學的系統化創新(TRIZ)、人因工程、3D 陀螺儀及加速規結合、Arduino 系統來設計，能夠在跌倒時發出警示的一套系統，且能在黃金時間被發現，並得到最快速的醫療照顧或治療。

1-2 研究目的

本專題研究目的為延續 100 學年度「老年人跌倒模式分析」專題製作成果，將 1D 陀螺儀改以 3D 感測器取代，研究分析 3D 陀螺儀及加速規在量測跌倒動作特徵的適用性。在本研究中期望藉由 3D 陀螺儀對空間中不特定方向的信號量測具有比 1D 陀螺儀為佳的使用特性，對跌倒信號偵測能具有較佳的適用性。藉由本專題研究期望達到下列研究目的；

一、研究分析 3D 陀螺儀在量測跌倒動作特徵的適用性。

二、感測器配戴位置對跌倒信號特徵的影響。

三、3D 陀螺儀與 3D 加速規在感測跌倒信號特徵的差異性分析。

1-3 研究流程

流程(如圖 1-1)所示。

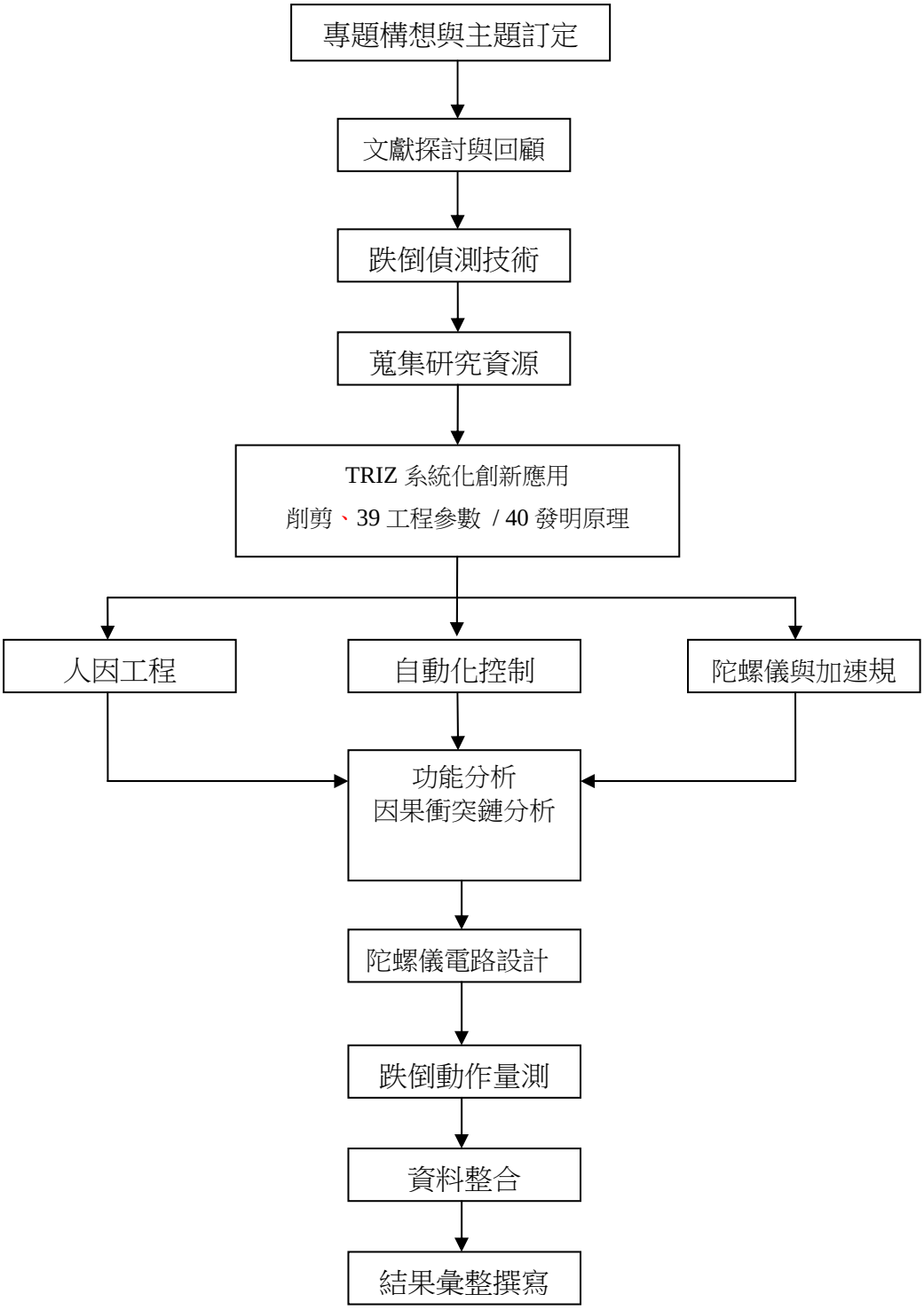


圖 1-1 研究流程圖

第二章 專利文獻檢索

2-1 跌倒偵測資料

表 2-1 為老人跌倒偵測技術的發展歷史。因為人體的各項生理機能隨著年齡增加而老化，會產生視力障礙、平衡力減退、聽力減弱、骨骼關節及肌肉系統退化、中樞神經反應遲緩、對環境的認知與判斷力減低的現象產生。跌倒模式為：該研究受測者採站姿以腰部量角器測量背脊之前彎、後仰及左、右側彎的最大活動度。前人使用感測模組偵測到變化，感測器便會發出警告聲，若使用者沒按下解除鍵，微電腦會發出蜂鳴聲響，能通知附近人員並由 RF 模組將訊息傳送到遠端救護人員，給予適當的幫助，不足的是容易產生誤判、判斷與傳輸過程太複雜。

表 2-1 跌倒偵測的技術發展

專利編號	公告/公開日	申請號	專利名稱
M469574	2014/01/01	102212269	三階段感應跌倒偵測裝置【4】
I374408	2012/10/11	098121994	應用三軸加速規之跌倒偵測方法【5】
M438682	2012/10/01	101206517	口袋型跌倒警報器【6】
M463402	2013/10/11	102211175	具自動追蹤之跌倒偵測系統【7】
M397007	2011/01/21	099217028	安家照護系統【8】
M403070	2011/05/01	099216690	老人安全監控裝置【9】
M434279	2012/07/21	101200246	老人照護系統【10】
I340931	2011/04/21	096136413	行為辨識方法及系統【11】
I356357	2012/01/11	096149633	估測人體姿態之方法【12】
I373011	2012/09/21	097119031	跌倒偵測及通報系統【13】
M411631	2011/09/11	099221021	改良型緊急醫療通訊系統【14】
M400056	2011/03/11	099220803	佩戴式照護跌倒偵測裝置【15】]
M361902	2009/08/01	098201265	具人體姿勢辨識功能之架構【16】
I413947	2013/11/01	099140937	頭戴式跌倒偵測裝置【17】
M337939	2008/08/01	097203494	具跌倒警示之藍芽耳機【18】
M390510	2010/10/11	099210005	看護通報系統【19】
M429949	2012/05/21	100223011	跌倒警報系統【20】
I402778	2013/07/21	099124116	跌倒偵測裝置【21】
M353452	2009/03/21	097219318	跌倒警示器【22】
M389901	2010/10/01	099205817	感測跌倒與暈倒裝置【23】
I321949	2010/03/11	095139098	遠端居家監視系統及其方法【24】
M405615	2011/06/11	099223895	可偵測人體的智慧型地板【25】
I275045	2007/03/01	094133916	跌倒事件偵測方法【26】
M390510	2010/10/11	099210005	看護通報系統【27】

2-2 技術趨勢分析專利技術地圖

表 2-2 為跌倒偵測的專利技術地圖，習用跌倒偵測裝置與技術多以偵測裝置，偵測跌倒時撞擊產生的衝擊力，判斷配戴者是否跌倒發生意外。至於一般的非跌倒碰撞動作，常因對衝擊力衡量的失誤，造成對跌倒發生狀態的誤判，因而降低習用跌倒偵測裝置的適用性。

透過裝置反覆測試取得各項數據資料，再經由表格分析得到身體姿態變化的量化數據，讓系統記錄人體重心變化轉移運動特徵，以單晶片微處理器、三軸感測器作為系統主要元件，因可提高跌倒辨識準確度。

表 2-2 跌倒偵測專利技術圖

	動態影像偵測	居家照護	跌倒警報	姿態辨識
偵測、追蹤判斷移動物	I335181 I340931 I373011	M397007 I275045	M403070	
無線傳輸系統	M400056	M390510 I332829 I321949	M438682 M411631 M336779 M429154 M337939 M394541 M353452	M429949
三軸加速（度）	M400056	M390510 I332829	I374408	
紅外線			M400627	I356357
骨架分析裝置	M434279			
視訊擷取影像				M361902 I373012
感測跌倒與暈倒裝置		M389901		

第三章　研究工具

3-1 TRIZ 介紹

「TRIZ」是以英語方式將俄文中創新發明問題解決理論(Theory of Inventive Problem Solving)的字首縮寫。在 1946 年，二十歲的 TRIZ 創始人 Genrich Altshuller 任職於前蘇聯海軍專利局擔任專利審核員，在專利的審核作業中，Altshuller 察覺到任何一種技術系統的創新過程中都是有其一定的型態與過程。因此他開始從 200，000 件的專利中著手進行研究，挑出其中 40，000 件被視為具有較佳創新方法的專利，來探索其解決之道與運用方法，企圖從其中歸納出基本原則與型態。每一個具有創意的專利，基本上都是在解決「創意性」的問題。所謂「創意性」的問題，其中包含著「需求衝突」的問題，也就是所謂的「矛盾」【29】。解決這些衝突的基本解被一再的使用，據此推論，如果後來的發明家能夠擁有早期解決方案的知識，那麼他們在創新發明的工作將會更為容易。TRIZ 常用工具如表 3-1 所示。習用 TRIZ 分析流程如表 3-2 所示。

表 3-1 TRIZ 的工具

1. 基本的 TRIZ 詞彙	2. 76 標準解
3. 資源（Resource）	4. 演化趨勢
5. 理想性（Ideality）	6. 辨認問題：矛盾
7. 39 工程參數	8. 標準解決方法
9. 矛盾矩陣	10. 創造式的原則和矛盾矩陣技術
11. 40 發明原則	12. 技術系統法則演變
13. 物理矛盾與技術矛盾	14. 領域分析
15. 物質-場分析	16. ARIZ -創造式解決問題演算法

表 3-2 TRIZ 流程分析

階段	No	流程
一 架構與分析原有問題	1	分析問題/ 系統分析
	2	分析問題的模式 系統資源分析
	3	建立最終理想的結果 理想化系統願景
二 移除物理衝突	4	內部與外部資源的運用
	5	方法、資源與知識工具的整合應用 利用資料庫
	6	改變或重新轉換問題架構
三 分析問題答案	7	對於 TRIZ 問題的解決方法進行類比分析 去除物理予盾方法的分析
	8	將解決方法套用至原有系統 利用已知的答案
	9	評估分析系統效益 分析步驟找出答案

3-2 Arduino 系統介紹

Arduino 是一個開放原始碼的單晶片微電腦，它使用了 Atmel AVR 單片機，採用了基於開放原始碼的軟硬體平台，構建於開放原始碼 simple I/O 介面板。C 語言的 Processing/Wiring 開發環境並且 Arduino 可以使用 Arduino 語言與 Macromedia Flash、Processing、Max/MSP、Pure Data 和 SuperCollider 等軟體，結合電子元件，例如開關或感測器或其他控制器件、LED、步進馬達或其他輸出裝置，作出互動作品。Arduino 也可以獨立運作成為一個可以跟軟體溝通的介面。其系統的開發成員: Massimo Banzi，David Cuartielles，Tom Igoe，Gianluca Martino，David Mellis和Nicholas Zambetti。

一 、Arduino 硬體介紹：

Arduino 包含了硬體與軟體兩大部分，硬體部分是一個約手掌大小的控制板，如圖 3-1 所示(寬 70mm X 高 54mm)，核心使用八位元 ATMEGA8 系列的的微控制器，提供 14 個數位式輸出/入端，6 個類比式輸出/入端，支援 USB 資料傳輸，可以使用自備電源(5V~9V)或是直接使用 USArduino 包含了硬體與軟體兩大部分，硬體部分是一個約手掌大小的控制板(寬 70mm X 高 54mm)，核心使用八位元 ATMEGA8 系列的的微控制器，提 B 電源，使用者可以在數位式輸出/入端，上接上不同的電子裝置，例如 LED 燈、喇叭、馬達，然後再由控制器來驅動燈的亮滅、喇叭發聲、馬達運轉。Arduino 控制板採用開放式源碼設計的概念，電路設計圖、韌體都可以在網路上下載，稍具電子知識就可以自行製作。

表 3-3 Arduino 硬體介紹

控制器	ATMEGA328
工作電壓	5V
輸入電壓（推薦）	7-12V
輸入電壓（限制）	6-20V
數字 I / O 接腳	14（6 個提供 PWM 輸出）
模擬輸入接腳	6 支
EEPROM	1 KB（ATMEGA328）
震盪速度	16 MHz



二、Arduion 軟體介紹：

軟體可分為兩部分為開發環境與編譯環境：

(一) 開發環境：Arduino 的軟體開發環境是開放源碼，可以在 Arduino 官網免費下載，它所用的程式語言語法類似於 C/C++，具備文字編輯介面、常用工具欄、圖形化控制介面及錯誤編輯器，運用這個工具進行城市的上傳，及各項感應器的溝通。

(二) 編譯環境：使用 Arduino 編寫的軟件被稱為 Sketch(腳本) 。 這些的腳本都寫在文本編輯器。 腳本名稱就是檔案名稱。上排圖形提供了新增、上傳、除錯及腳板切換介面。而 console 介面紀錄了完整的執行訊息，更可藉由此介面監視 Arduino I/O 數值。

Arduino 系統使用步驟【23】：

1. Arduino 板和 USB 連接線

使用的 Arduino 控制板為 UNO 版，如圖 3-1 所示。以圖 3-2 所示的 USB 連接線與 Arduino 控制板及電腦連接。

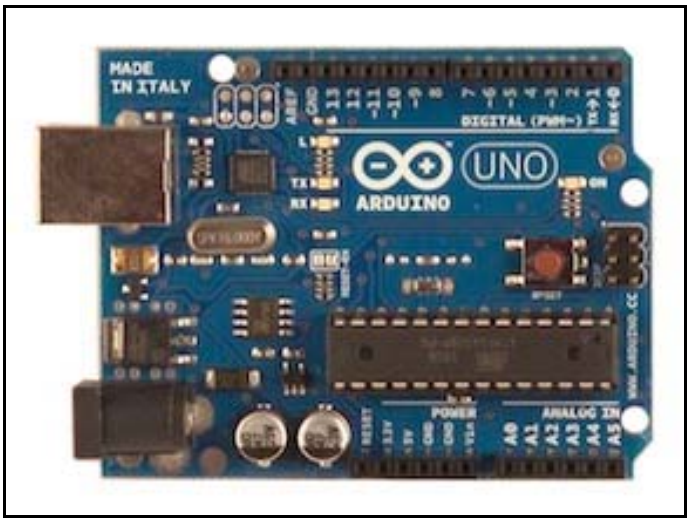


圖 3-1 Arduino 板



圖 3-2 USB 連接線

2 下載 Arduino 程式開發環境

由網站下載 Arduino 程式開發軟體(Arduino 1.0)。當下載完成後，解壓儲存下載的程式。

3 連接電路板

使用 USB 電纜將 Arduino 板連接到電腦。正常連接後綠色電源指示燈開啟。

4 安裝驅動程序

(1)啟動驅動程式，等待 Windows 開始驅動程序安裝過程。

(2)開啟控制面板。

(3)在控制面板中，點擊「工具」，在板子選項中選擇 Arduino UNO。

(4)在序列埠選項選擇正確輸出入埠。

(5)Windows 將完成驅動程序的安裝。

當連接電路板，Windows 應該啟動驅動程序安裝過程

5 打開閃爍程式範例

(1) 檔案>範例> 1。Basics >閃爍。如圖 3-3 所示。

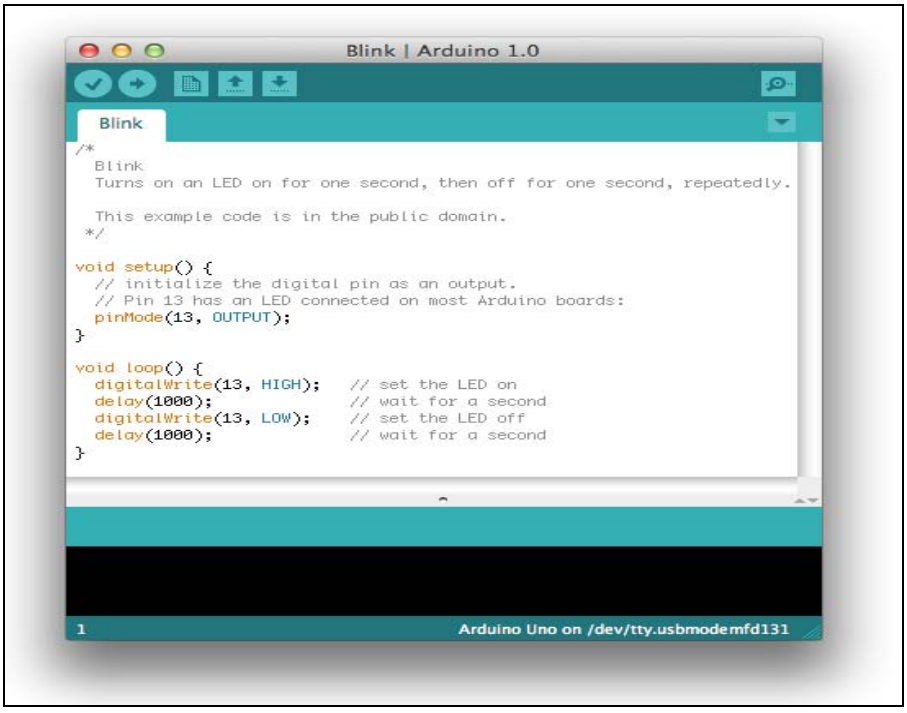


圖 3-3 打開閃爍圖

(2) 選擇你的板子如圖 3-4 所示。

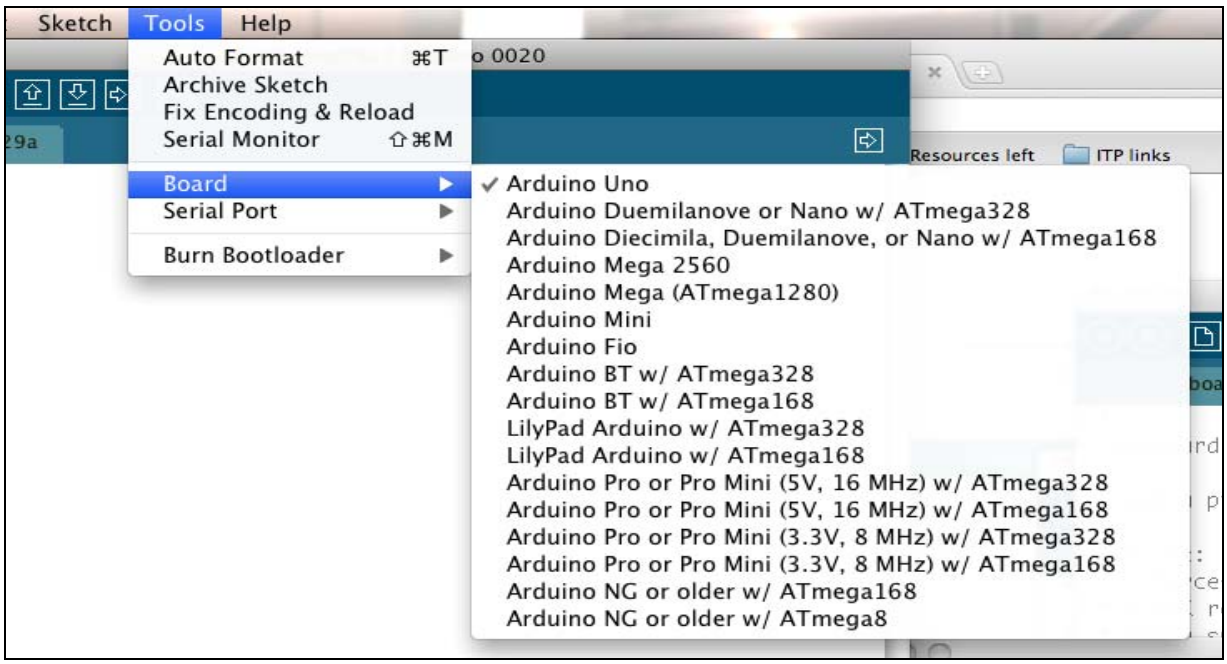


圖 3-4 選擇 Arduino 的工具入門

(3) 選擇輸出入埠，如圖 3-5 所示。

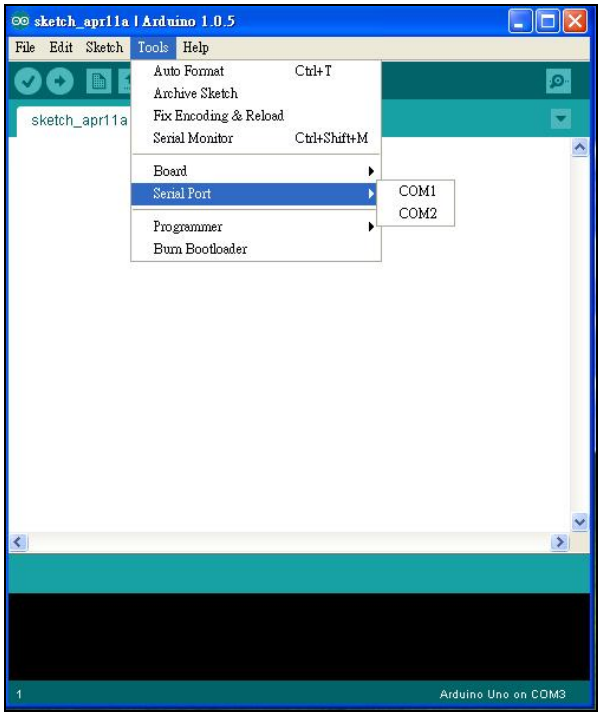


圖 3-5 選擇輸出入埠

(4) 上傳程序

點擊在環境中的“上傳”按鈕。等待幾秒鐘可以看到在 Arduino 板上閃爍的 RX 和 TX LED 燈。如果上傳成功後，“完成上傳。”的消息將出現在狀態欄中。上傳完成後，應該會看到引腳 13（L）LED 在 Arduino 板上開始閃爍（橙色）。如果是的話，已經完成程式上傳。

Arduino 的 Blink 範例程式說明：

Arduino 程式都必須具有兩個過程：void setup(){}和 void loop(){}。在 void setup(){}裡面的代碼會執行一次，然後 void loop(){}裡面的代碼會不斷執行。圖 3-6 為範例程式設計的說明。其中 void loop(){}主導 LED 燈重複閃爍的相關程式指令。

```
int LED_PIN=13;

void setup () {
    pinMode (LED_PIN， OUTPUT);        // 以數位輸出方式啟用 Pin13
}

void loop () {                          // loop 副程式，重複不斷執行
    digitalWrite (LED_PIN， HIGH);   // 打開 LED
    delay (1000);                       // 等待一秒，delay 內含數值 1000，代表延遲 1000mS，即一秒。
    digitalWrite (LED_PIN， LOW);    // 關閉 LED
    delay (1000);                       // 等待一秒
}                                       // loop 副程式結束。
```

圖 3-6 Arduino 的 Blink 範例程式

3-3 感測器介紹

一、Grove - 3-Axis Digital Gyro 三軸電子陀螺儀，如圖 3-6 所示。

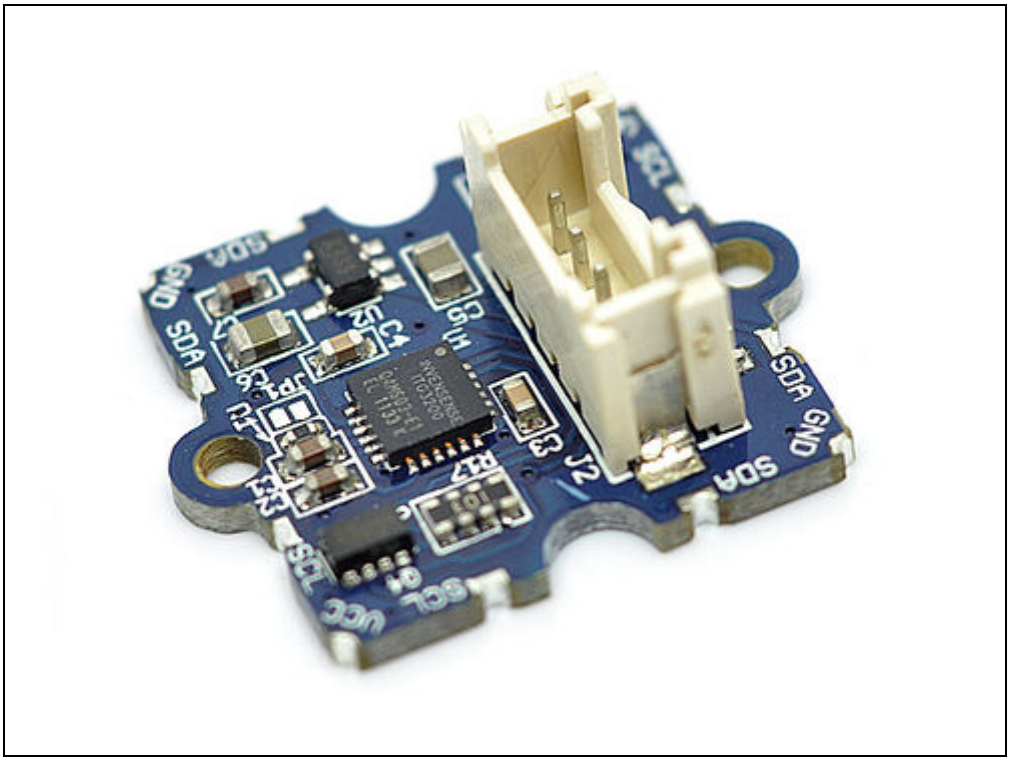


圖 3-7 三軸電子陀螺儀

（一）產品簡介

Grove - 3 軸數字陀螺儀是 MENS 電子陀螺儀模塊，以 ITG3200 晶片為核心，數位輸出的三軸運動處理陀螺儀。適用於遊戲、3D 鼠標或其他運動檢測相關的應用。ITG-3200 內置 3 個 16 位高精度 AD 轉換器，提供更高的輸出精度。模塊採用了標準的 4Pin Grove 接口，通過 I2C 進行控制，可以很方便的與 Arduino 的進行連接。

型號： SEN11763P

（二）規格參數(表 3-4)所示。

表 3-4 三軸電子陀螺儀規格參數

• 輸入電壓： 3.3V/5V	• 符合 RoHS 指令和及綠色環保標準
• 工作電流： 6.5 毫安	• 閒置模式電流： 5Ma
• 分辨率：每˚/秒 14 個 LSB	• 滿量程範圍： ± 2000 ˚/秒
• I2C 接口	• 片上溫度傳感器
• 內置採樣濾波器	

（三）應用示例

這個示例會向你展示如何獲取陀螺儀的數據，單位是弧度/秒。需要一塊三軸電子陀螺儀以及一塊 Seeeduino V3.0 。

1、硬件連接非常簡單，如圖 3-8 所示。

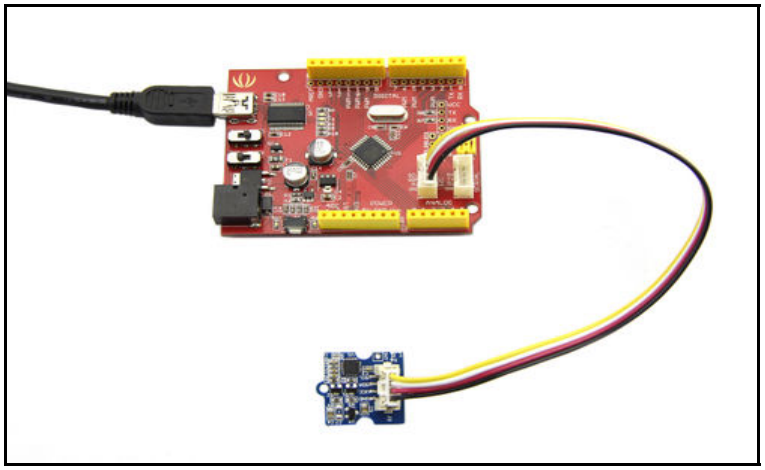


圖 3-8 硬件連接

2、下載程式及上傳程序

點擊 Upload 完成代碼的上傳，如圖 3-9 所示。

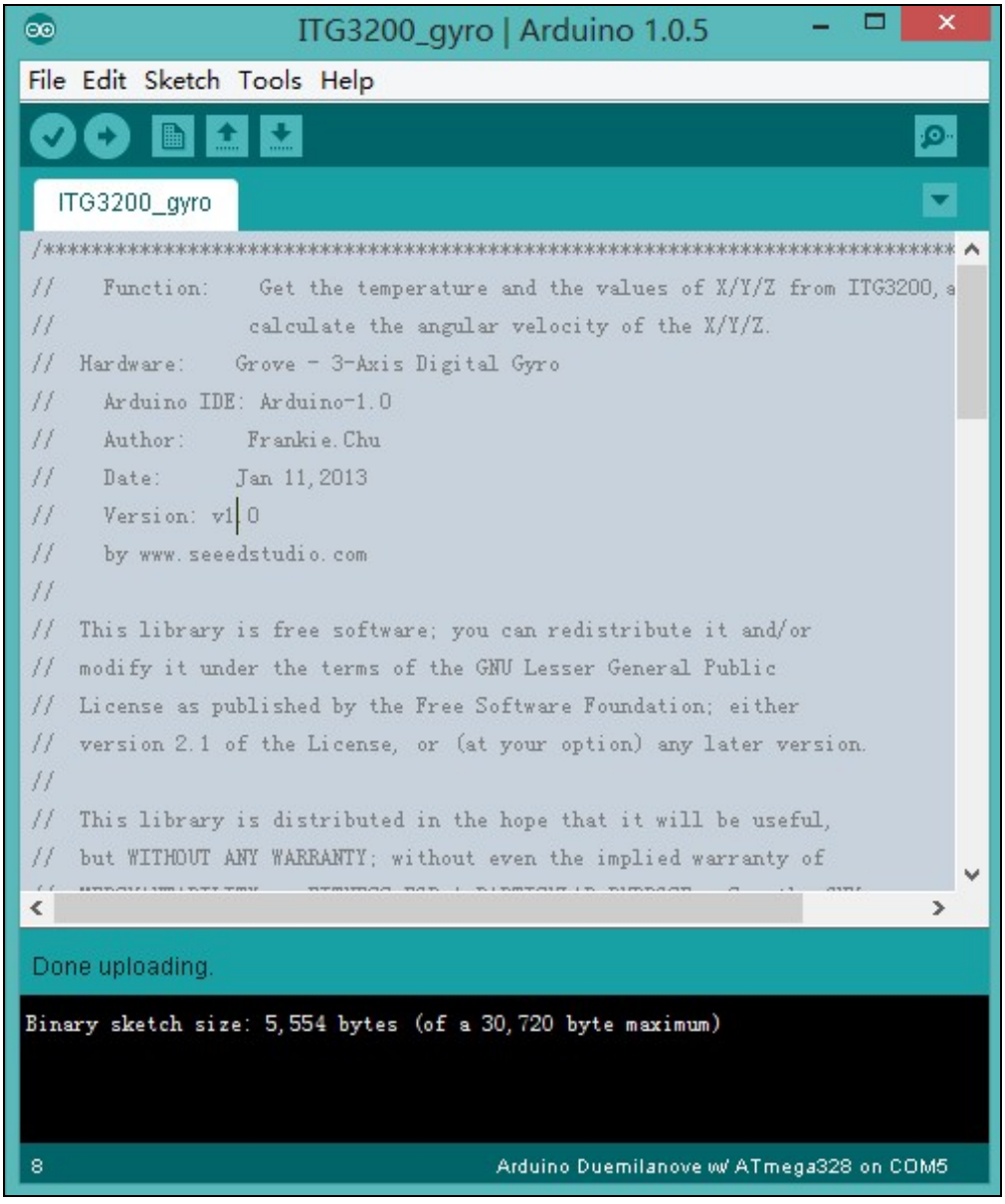


圖 3-9 下載程式及上傳程序

3、查看數據

點擊打開序列埠監控視窗，如圖 3-10 所示。

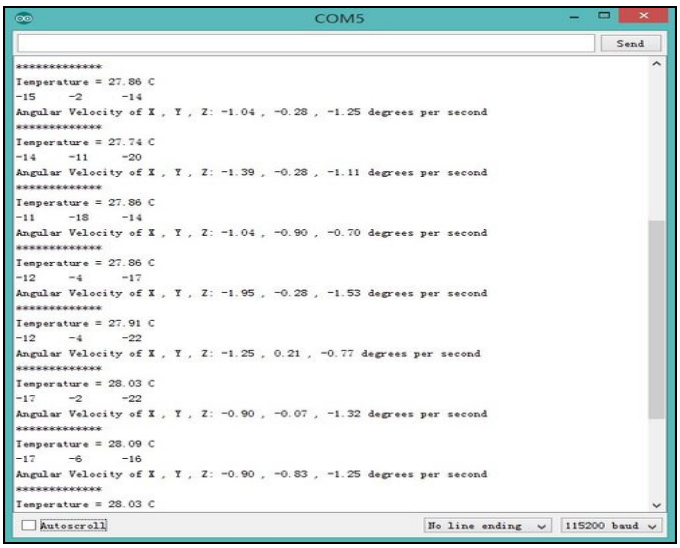


圖 3-10 程式數據圖

4、數據的意義

陀螺儀輸出信號的物理意義，如圖 3-11 所示。

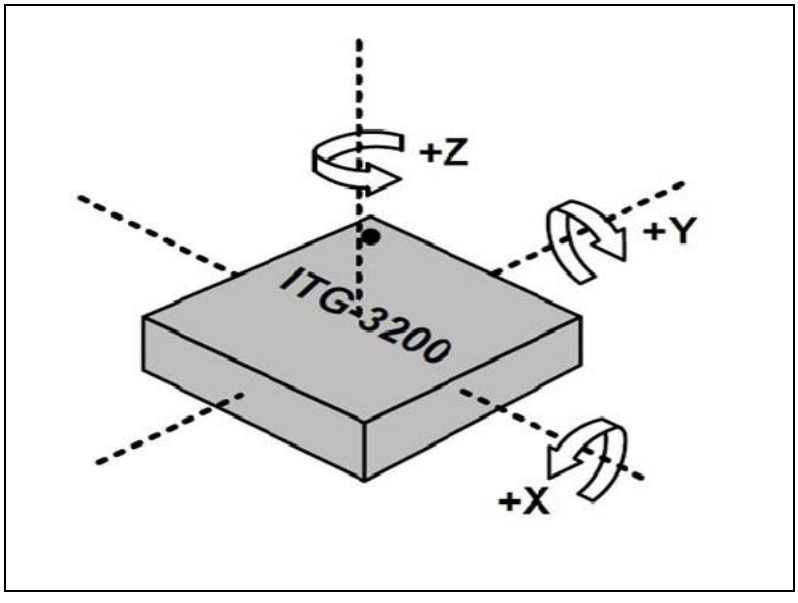


圖 3-11 陀螺儀方向結構圖

二、Grove - 3 軸數字加速度計，如圖 3-12 所示。

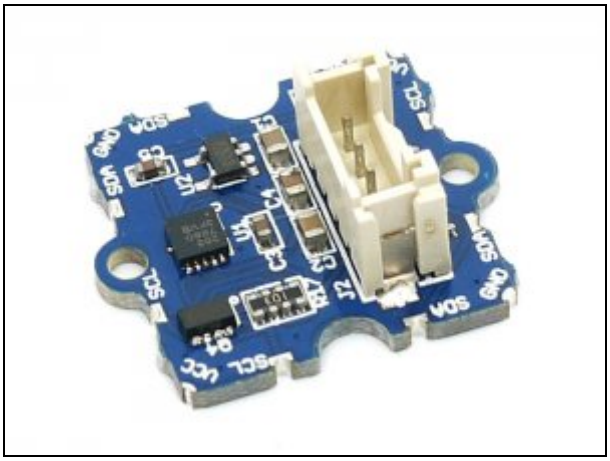


圖 3-12 Grove - 3 軸數字加速度計

(一)、產品簡介:

Grove - 3 軸數字加速度計是一個低功耗模塊，MMA7660FC。它具有高達 10，000g 的極高抗震性和可調節的採樣率。對於不需要太大測量範圍的項目，這是一個很好的選擇。因為它很耐用、省電，且價格低。

型號： SEN21853P

(二)、參數規格，表 3-5 所示。

表 3-5 三軸數字加速度計規格參數

工作電壓： 3.0 – 5.5V
休眠狀態電流： 0.4 μA
待機電流： 2 μA
工作電流： 47 μA 在 1 ODR
探測範圍± 1.5 克
靈敏度： 21LSB / g 的

(三)、應用範例

圖 3-13 顯示如何獲得原始數據以及單位轉化為“G”的數據。將三軸數字加速度計接到 I2C 接頭。

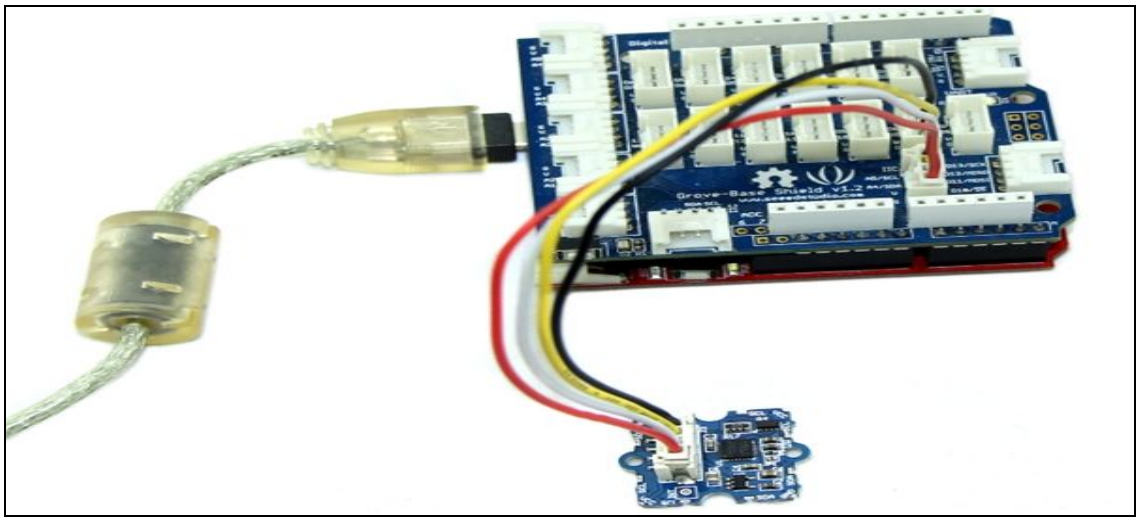


圖 3-13 獲得原始數據

打開範例：文件 - >範例 - > DigitalAccelerometer_MMA7660FC - > MMA7660FC_Demo 。如圖 3-14 所示。 接下來，打開序列埠監控視窗就可以看到傳回來的數據了。數據由兩個部分組成，包括有原始數據以及以重力加速度“g”為單位的數據。

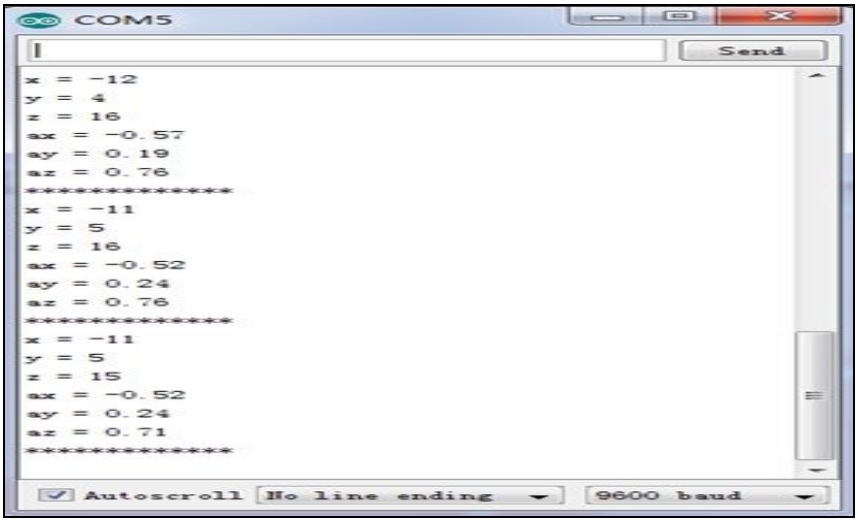


圖 3-14 傳回來的數據

(四)、數據的意義

加速度計輸出信號的物理意義，如圖 3-15 所示。加速度的方向，如圖 3-16 所示。

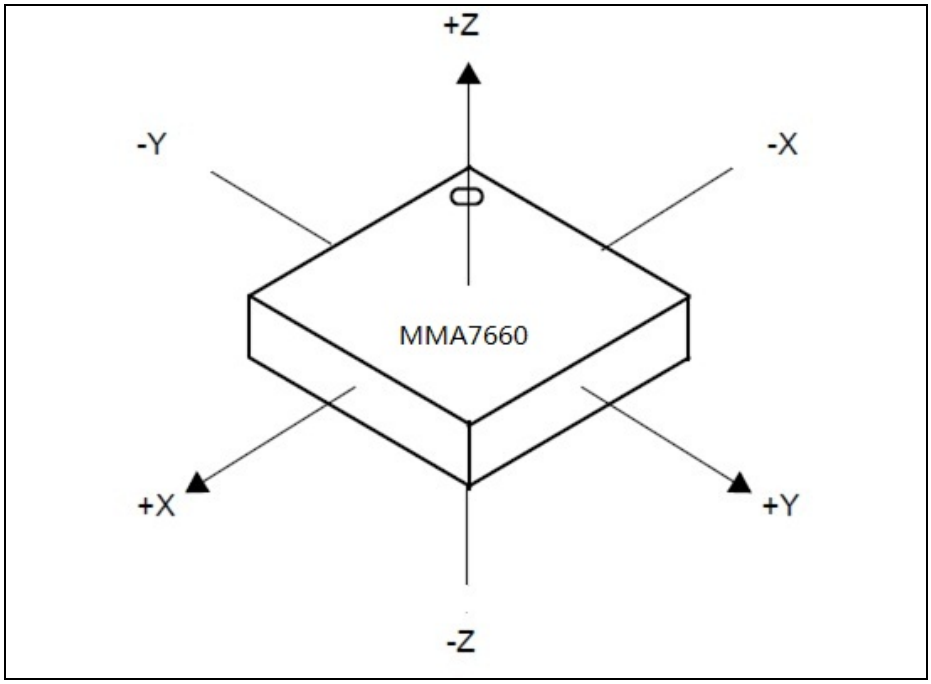


圖 3-15 加速度的方向

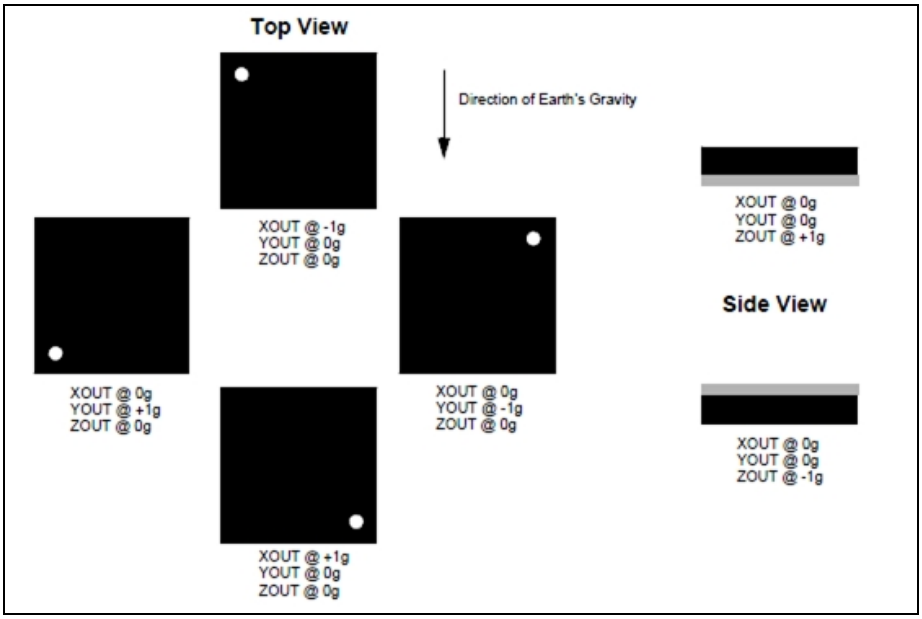


圖 3-16 數據

第四章 實驗與分析

4-1 實驗設計

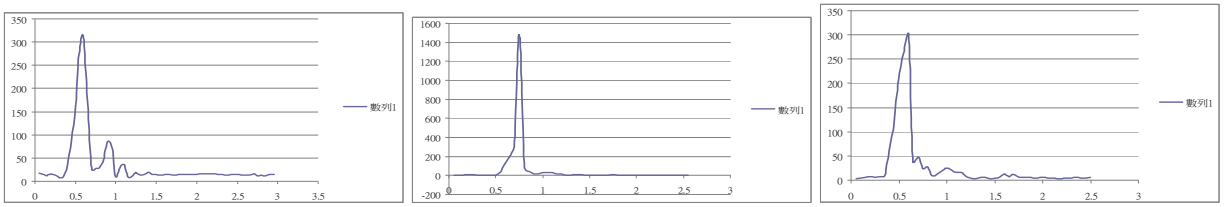
為辨識跌倒動作與其它非跌倒動作的差異，,專題中實驗設計以人體動作計測作為數據蒐集對象。量測動作的運動感測器固定於施測者左手腕部。因實驗使用的感測器為 3 維感測器，無感測方向的限制。實驗護具包括安全帽與組合式軟墊，保護施測者的人體安全。實驗項目包括：

一、立姿：手臂自由擺動、手臂自由擺動碰撞、肩部拍擊碰撞

二、坐姿：手腕部敲擊桌面碰撞、身體後倒碰撞、身體側倒碰撞

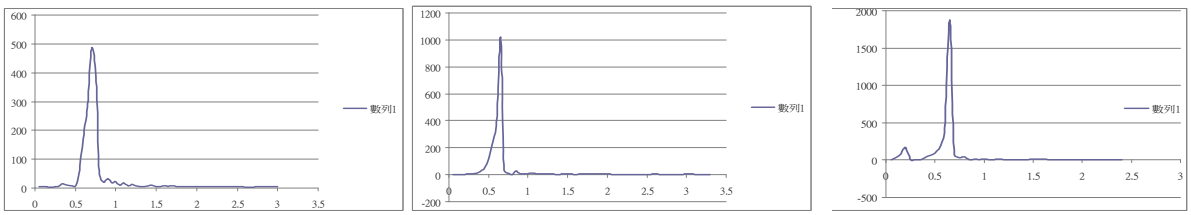
4-2 實驗結果分析

為驗證實驗結果的可重覆性，先以手臂自由擺動碰撞與肩部拍擊碰撞所蒐集的實驗感測器(3 維陀螺儀)信號進行可重覆性。圖 4-1 與 4-2 分別為手臂自由擺動碰撞與肩部拍擊碰撞各 3 次量測的運動訊號，訊號特徵具有明顯相似性，可確認實驗量具具有可靠性。



（a）實驗 1　　（b）實驗 2　　（c） 實驗 3

圖 4-1 實驗重覆性驗證：手臂自由擺動碰撞



（a）實驗 1　　（b）實驗 2　　（c） 實驗 3

圖 4-2 實驗重覆性驗證：肩部拍擊碰撞

一、手臂自由擺動



圖 4-3 手臂自由擺動

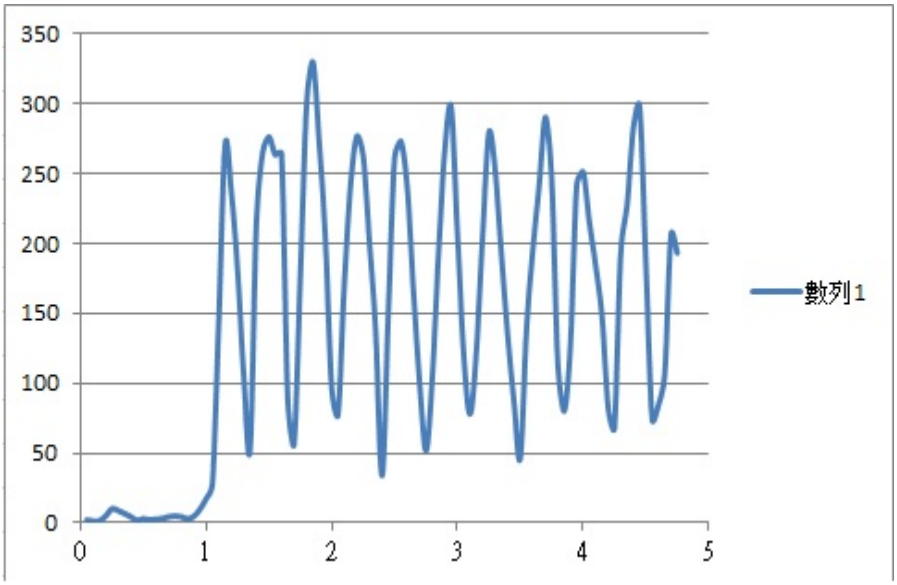


圖 4-4 手臂自由擺動 3 維陀螺儀波形

作手臂自由擺動，如圖 4-3 所示，不受任何控制隨意來回擺動，產生明顯的高低波谷。圖 4-4 以 3 維陀螺儀測得之信號波形。

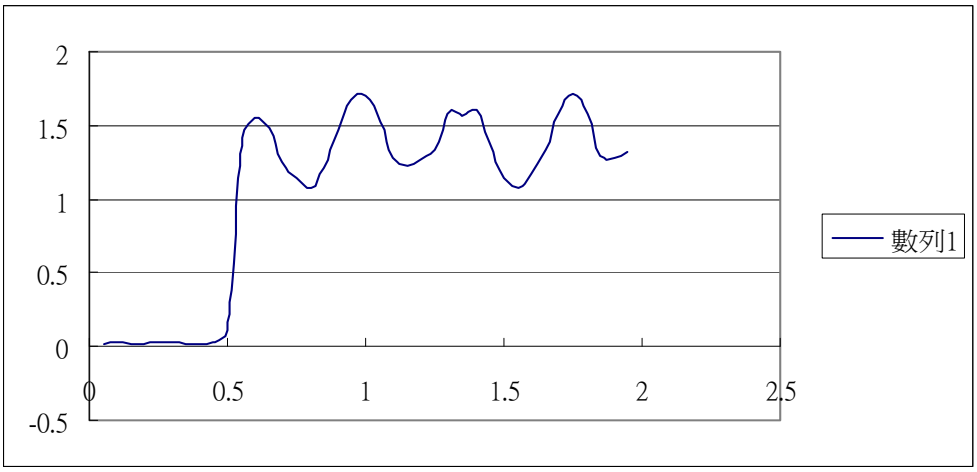


圖 4-5 手臂自由擺動波形 3 維加速規波形

作手臂自由擺動，如圖 4-5 所示，不受任何控制隨意來回擺動，產生明顯的高低波谷。

二、手臂自由擺動碰撞

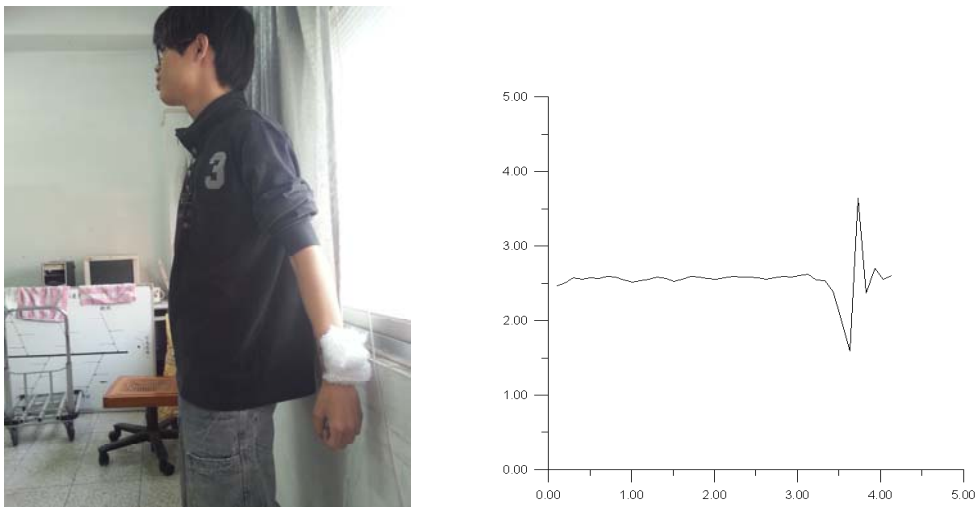


圖 4-6 手臂自由擺動碰撞【30】

手部與地面之垂直擺動，手部不受控制情況下，隨意擺動手部撞擊牆壁，依據【30】實驗結果顯示，如圖 4-6，產生一個明顯波谷與相對稱的反彈波。

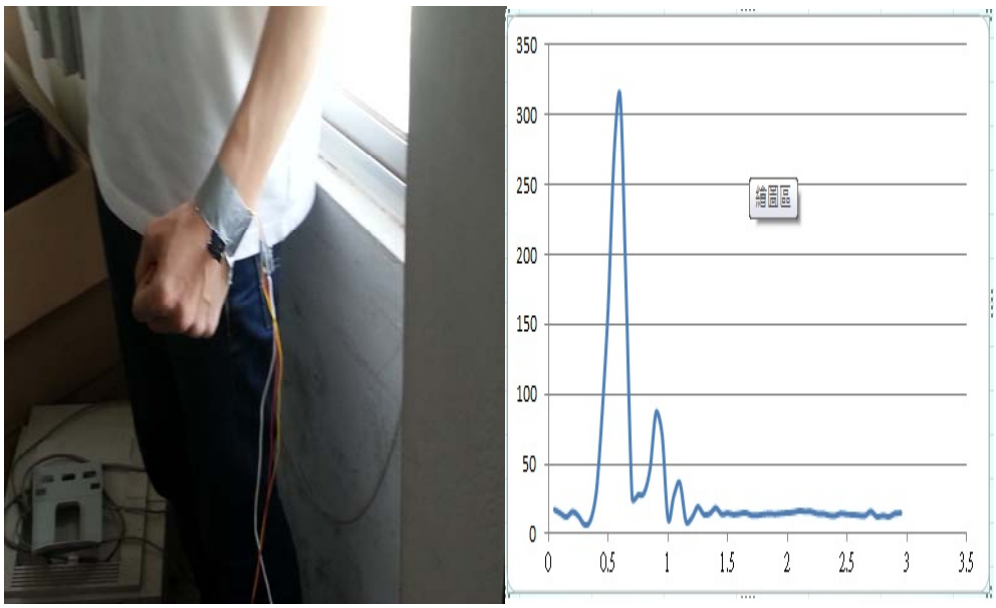


圖 4-7 垂直手部撞擊模式與波形

用 3 維陀螺儀所測手臂自由擺動碰撞，如圖 4-7，產生一個明顯的波形，且出現明顯類似餘震的波形。

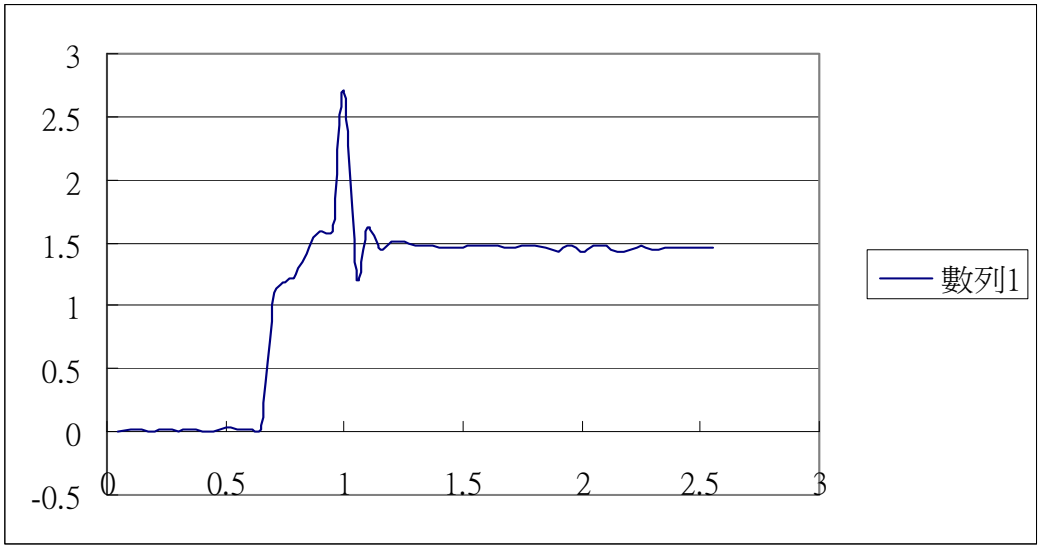


圖 4-8 垂直手部撞擊 3 維加速規波形

如圖 4-8 所示，3 維陀螺儀和 3 維加速規波形來作比較，可以明顯發現波 3 維陀螺儀的波形是由強則弱，3 維加速規的波形是由弱則強。

三、拍打肩膀模式

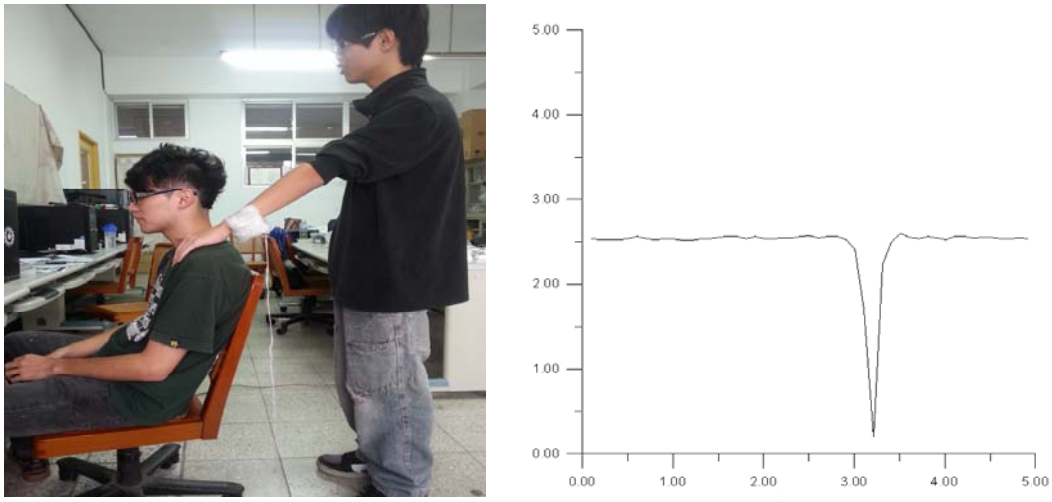


圖 4-9 拍打肩膀模式【30】

手部從一定的高度落下，拍打肩膀，依據【30】實驗結果顯示，如圖 4-9，產生一個波谷，但因此動作受意識控制影響，所以無明顯反彈波峰與振盪波形之產生。故此圖顯示只有一波谷之圖形顯示。

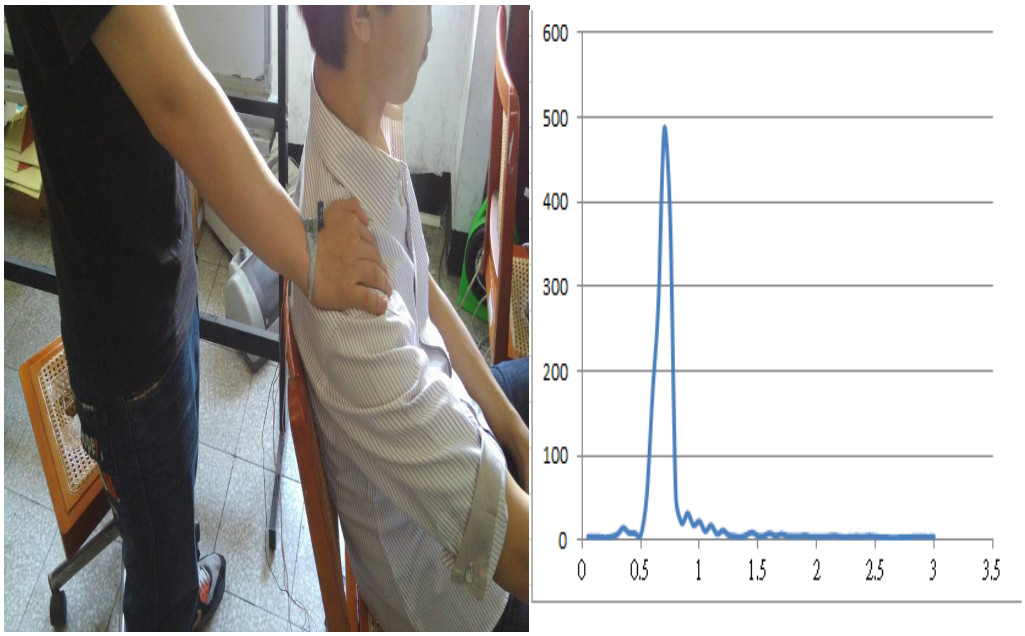


圖 4-10 拍打肩膀模式與波形

用 3 維陀螺儀所測拍打肩膀，如圖 4-10，產生一個波形，稍微有測出有震盪的波形出現。

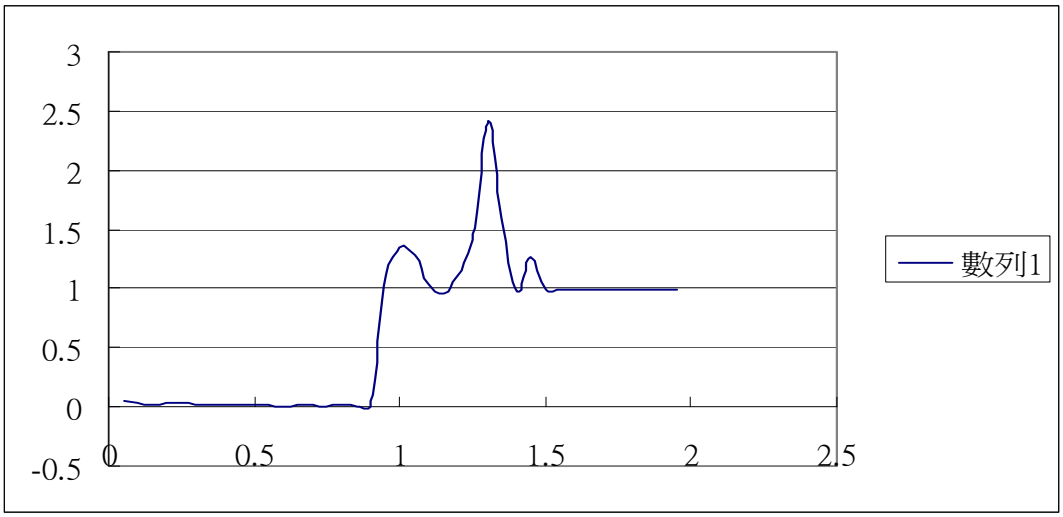


圖 4-11 拍打肩膀 3 維加速規波形

如圖 4-11 所示，3 維陀螺儀和 3 維加速規波形來作比較，可以明顯發現波 3 維陀螺儀的波形是由強則弱，3 維加速規的波形是由弱則強。

四、手部撞擊桌面模式

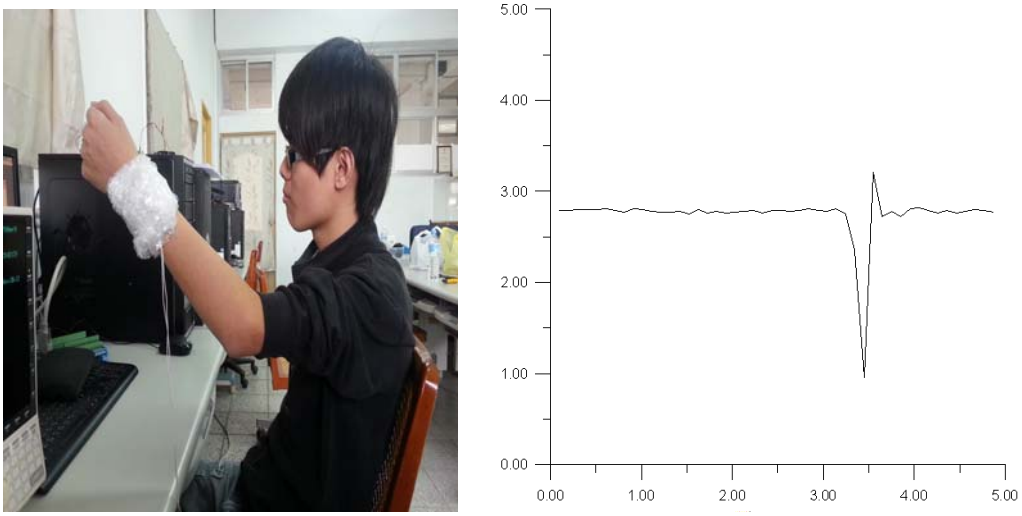


圖 4-12 手部撞擊桌面模式【30】

手部受控制情況下，懸空向下撞擊桌面，依據【30】實驗結果顯示，如圖 4-12，產生一個波谷，而且有出現稍微往上反彈峰頂之產生，此碰撞動作特徵為反彈運動方向與重力方向相反且有桌面支撐，對反彈造成抑制作用。

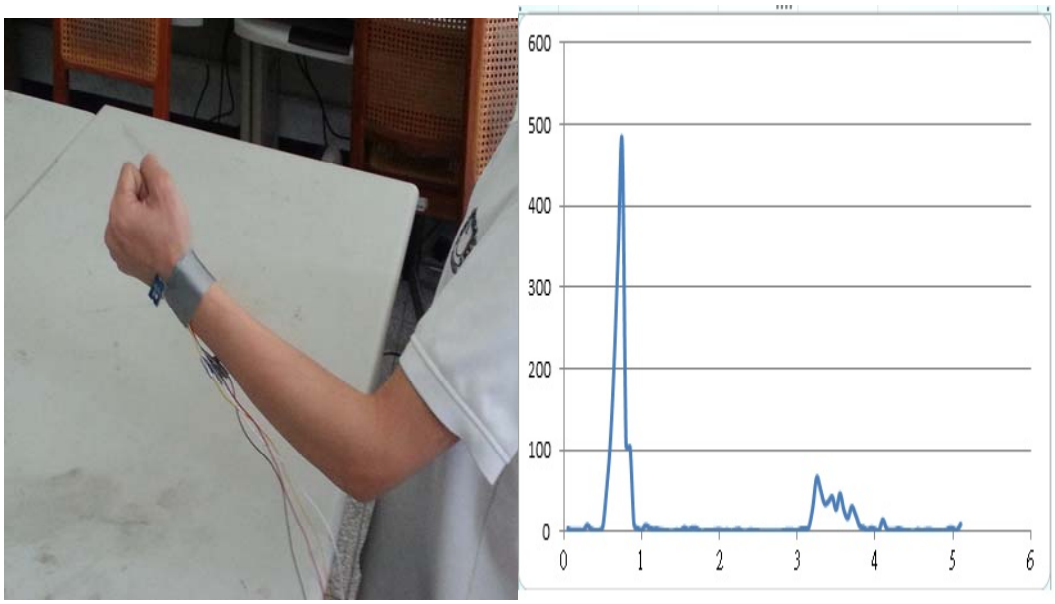


圖 4 -13 手部撞擊桌面模式與波形

用三維陀螺儀所測手部撞擊桌面，如圖 4-13，產生 1 個波形，與圖 4-11 所測結果相似。

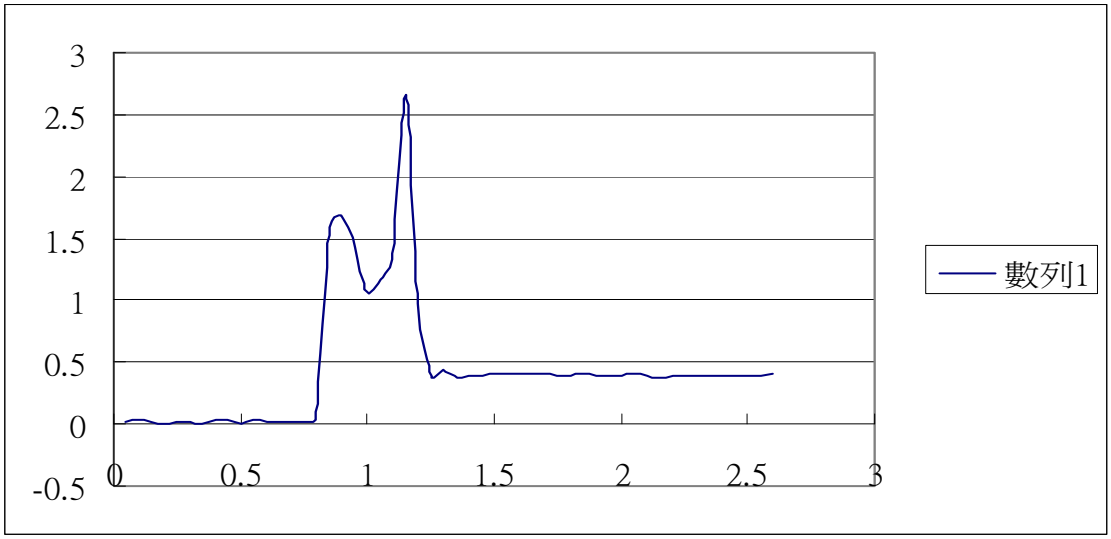


圖 4 -14 手部撞擊桌面 3 維加速規波形

如圖 4-14 所示，3 維陀螺儀和 3 維加速規波形來作比較，可以明顯發現波 3 維陀螺儀的波形是由強則弱，3 維加速規的波形是由弱則強。

五、實體人體測驗模式

(一)、手部抬高後仰模式

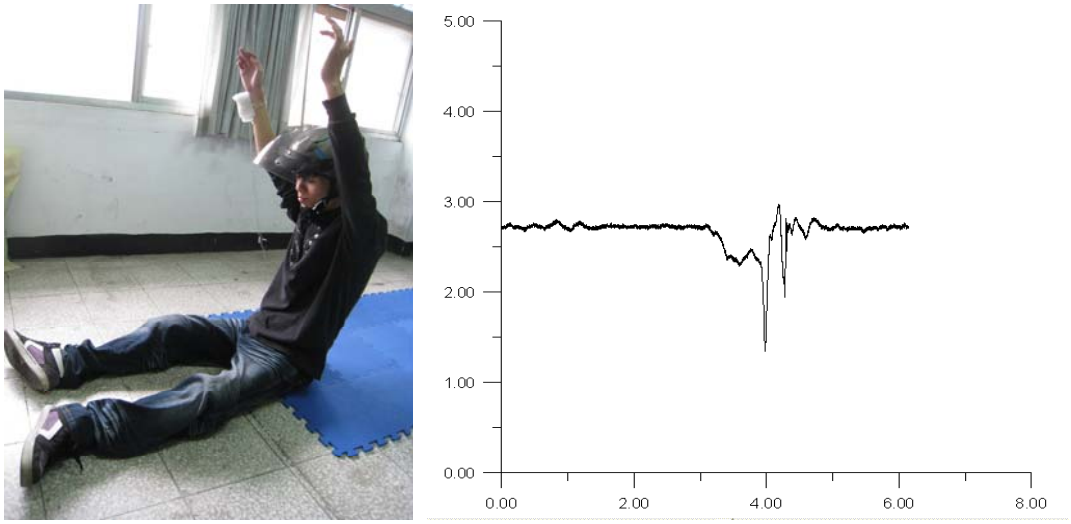


圖 4-15 手部抬高模式【30】

雙手伸直向上，高度落下撞擊地板時，依據【30】實驗結果顯示，如圖 4-15，產生連續波谷，但此動作不受意識控制影響，所以有明顯反彈波峰與振盪波形之產生。

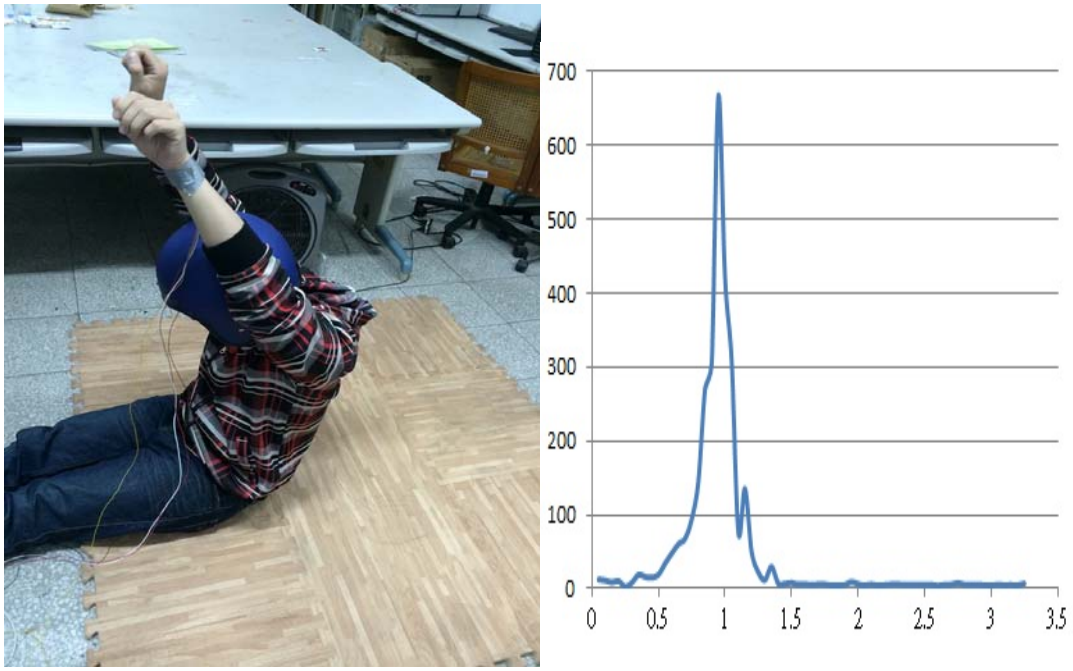


圖 4-16 手部抬高模式與波形

用三維陀螺儀所測手部抬高向後倒，如圖 4-16，產生一個劇烈波形，並有測出有連續波形出現。

(二)、手部抬高斜方向躺模式

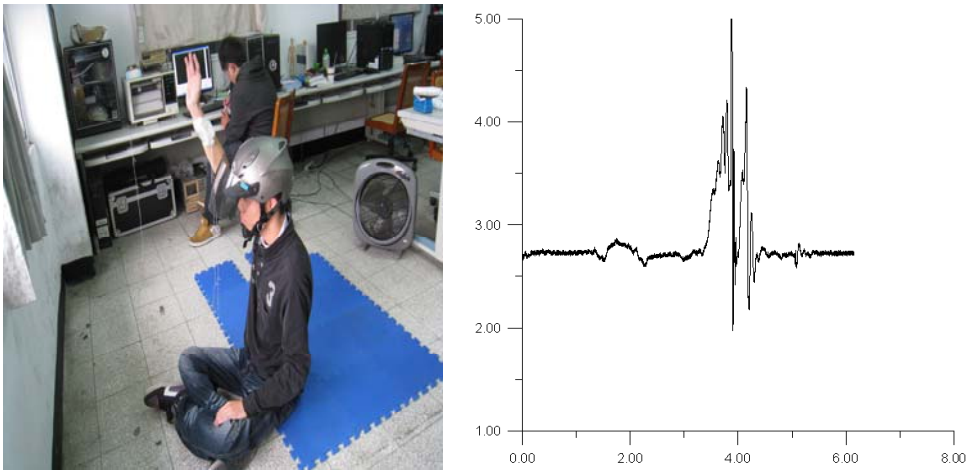


圖 4-17 手部抬高斜方向躺模式【30】

雙手伸直向上，斜方向躺下，撞擊地板時，依據【30】實驗結果顯示，如圖 4-17，產生連續波谷，但因此動作不受意識控制影響，明顯波峰值往上攀升到一定程度時，稍微往下產生波谷，因另一手臂互相碰撞推擠，造成往下的波峰值產生。

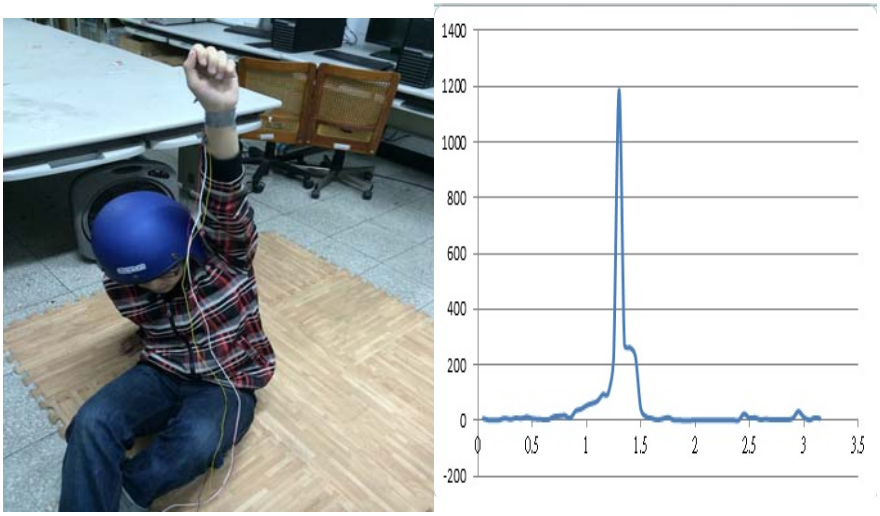


圖 4-18 手部抬高斜方向躺模式與波形

用三維陀螺儀所測單手抬高斜方向躺，如圖 4-18，產生一個明顯數值往上攀升的波形 。

由圖 4-16、4-18 顯示在主要波形後會產生一明顯副波形，因角速度量測數據已經絕對值處理故僅能以正值表示，與圖 4-6、4-10、4-12 所示的反彈波具有

相同意義。

六、1D 陀螺儀與 3D 陀螺儀分析

(一)1D 陀螺儀：只能測出一個方向的角速度，訊號源辨識度低。

(二)3D 陀螺儀：可同時測出 3 個方向的角速度，訊號源辨識度高，體積小，且方便配戴。

(三)1D 陀螺儀輸出信號有正值、負值，但 3D 陀螺儀輸出信號因經過絕對值處理故都為正值。

第五章 結論

經由本專題實驗研究分析可獲得以下結論：

一、1D 陀螺儀只能測出單一方向的角速度，但 3D 感測器可同時測出 3 個方向的角速度，體積小，且方便配戴，抓取訊號源辨識度高，降低數據資料的錯誤性，可同時取代 3 個 1D 陀螺儀。

二、Arduino 控制板具有充份軟硬體資源，可方便與快速應用於系統整合開發。運用 Arduino 系統，將陀螺儀訊號源利用系統傳輸到電腦再轉換成分析圖表，使本專題研究所使用的量測分析系統能快速建構完成。

三、人體動作姿態分析：利用各種動作特徵，產生各種不同的訊號，再將訊號轉換成高低波圖，有效提升對跌倒動作特徵的辨識度。

參考文獻

1.經濟部智慧財局-中華民國專利資訊檢索系統

http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?001B3154000000000000000000000A00000001E000000000。

2.維基百科-陀螺儀

http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%99%80%E8%9E%BA%E5%84%80。

3.YAHOO 奇摩知識+陀螺儀原理 (2014/05/25)

https://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1005032200019。

4.申請人:魏大森、申請日期:2014/01/01、專利名稱:三階段感應跌倒偵測裝置

http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?@@1655345204。

5.申請人:國立屏東科技大學、申請日期:2012/10/11、專利名稱:應用三軸加速規之跌倒偵測方法

http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?001B3154000302010000000000100A000000001000000000^。

6.申請人:鄭文惠、申請日期:2012/04/10、專利名稱:口袋型跌倒警報器

http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?@@1655345204。

7.申請人:弘光科技大學、申請日期:2013/06/14、專利名稱:具自動追蹤之跌倒偵測系統

http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?@@1655345204。

8.申請人:台灣新光保全股份有限公司、申請日期:2010/09/02、專利名稱:安家照護系統
http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?@@1655345204。

9.申請人:龍華科技大學、申請日期:2010/08/30、專利名稱:老人安全監控裝置
http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?@@1655345204。

10.申請人:國立屏東教育大學、申請日期:2012/01/05、專利名稱:老人照護系統
http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?@@1655345204。

11.申請人:蔡篤銘、申請日期:2007/09/28、專利名稱:行為辨識方法及系統
http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?001B3154001008010000000000100A000000001000000000^。

12.申請人:國立交通大學、申請日期:2007/12/24、專利名稱:估測人體姿態之方法
http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?001B3154001209010000000000100A000000001000000000^。

13.申請人:長庚大學、申請日期:2008/05/23、專利名稱:跌倒偵測及通報系統
http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?001B315400140A0100000000000100A000000001000000000^。

14.申請人:國防醫學院三軍總醫院、申請日期:2010/10/29、專利名稱:改良型緊急醫療通訊系統
http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?@@1655345204。

15.申請人:蓋德科技股份有限公司、申請日期:2010/10/27、專利名稱:佩戴式照護跌倒偵測裝置
http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?@@1655345204。

16.申請人:龍華科技大學、申請日期:2009/01/22、專利名稱:具人體姿勢辨識功能之架構
http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?@@1655345204。

17.申請人:大同股份有限公司、申請日期:2010/11/26、專利名稱:頭戴式跌倒偵測裝置
http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?001B315400190E0100000000000100A000000001000000000^。

18.申請人:芯玥醫學科技股份有限公司、申請日期:2008/02/29、專利名稱:具跌倒警示之藍芽耳機
http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?@@1655345204。

19.申請人:陳銘志、申請日期:2010/05/27、專利名稱:看護通報系統
http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?@@462534155。

20.申請人:傅士豪、申請日期:2011/12/06、專利名稱:異常姿勢偵測裝置
http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?@@1515405540。

21.申請人:中國醫藥大學、申請日期:2010/07/22、專利名稱:跌倒警報系統
http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?001B3154002216010000000000100A000000001000000000^。

22.申請人:遠東科技大學 、申請日期:2008/10/29、專利名稱:跌倒警示器
http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?@@1515405540。

23.申請人:南臺科技大學、申請日期:2010/04/01、專利名稱:感測跌倒與暈倒裝置
http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?@@1515405540。

24.申請人:國立陽明大學、申請日期:2006/10/24、專利名稱:遠端居家監視系統及其方法
http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?001B315400271A0100000000000100A000000001000000000^。

25.申請人:江明岳、申請日期:2010/12/09、專利名稱:可偵測人體的智慧型地板
http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?@@1515405540。

26.申請人:國立成功大學、申請日期:2005/09/29、專利名稱:跌倒事件偵測方法
http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?001B3154002A1C0100000000000100A000000001000000000^。

27.申請人:張簡嘉壬、申請日期:2010/05/27、專利名稱:看護通報系統
http://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?@@1515405540。

28. 陀螺儀 http://strawberry-linux.com/catalog/items?code=18082。

29. 趙敏、史曉凌、段海波原著。許勝源編譯（2011）。TRIZ 入門與實踐。台北市：鼎茂圖書出版。

30. 洪偉傑、謝明良、許智翔、陳紀良、李睿杰，老年人跌倒模式分析 Analysis of Falling Mode for the Elderly，建國科技大學工業工程與管理系 100 學年度專題製作報告。

31. Arduino 下載 http://www.arduino.cc/en/Main/Software。