建國科技大學
工業工程與管理系

一百零一學年度畢業專題製作

老年人跌倒模式分析
Analysis of Falling Mode for the Elderly

IE102 日四 A –03

指導老師

吳章傑

製作學生

洪偉傑 98405042

謝明良 98405017

許智翔 98405048

陳紀良 98405602

李睿杰 97405551

中 華 民 國 一百零二年 一 月 十七 日

建國科技大學　工業工程與管理系

畢業生專題製作口試委員會審定書

本系一零一學年度畢業生：洪偉傑、謝明良、許智翔、陳紀良、李睿杰

所提專題題目：老年人跌倒模式分析

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：吳章傑　　

何志勳　吳太長

指導老師：吳章傑　　

系主任：[illegible]

中華民國　一零一　年　一　月　三　日

致謝

本小組專題製作，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，更要感謝師長得教導有方。在這短短四年生活裡使我們體會到，作爲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不體會到的團結。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，不求回報的爲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

我國已漸步入高齡化社會，跌倒傷害爲老年人健康照護的一大隱形殺手。即時救護可減輕跌倒對老年人的傷害程度，跌倒警示系統的建置爲達到即時救護的必要工具。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；本研究藉探討老年人於浴室洗澡動作特徵，嘗試構建因洗澡動作衍生的跌倒模式，作爲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)爲問題分析工具，經功能分析與因果衝突鏈分析，確認跌倒警示系統誤判原因係無法正確掌握跌倒狀態特徵；利用光點影像動作分析，獲得老年人動作特徵，並與年輕人動作比較，得到出造成老年人跌倒的關鍵因素。研究結果顯示，重心轉移爲老年人動作姿態異於年輕人的主要特徵，加以老年人因肌力降低與關節退化，對重心轉移後維持平衡能力顯較年輕人爲差。研究成果可作爲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：系統化創新(TRIZ)、跌倒模式、人因工程、動作分析。

ABSTRACT

Taiwan has approached an aging society gradually. The falls are major invisible killers in elderly health care. 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. However, the reliability of a warning system for fall-risk people can be reduced because of its misjudging the signals of falls. This study is to investigate the characteristics of elderly people's movements while they are taking a shower or bath in a bathroom, and attempts to find the patterns of elderly people's falls while they are washing themselves and to use these fall patterns to develop a warning system for fall-risk people with enhanced sensitivity and reliability. This study used systematic innovation (TRIZ) as the analytical tool and, by functional analyses and cause-effect chain analysis, figured out that the reason of a warning system's misjudgment is because the warning system cannot correctly grasp the characteristics of falls. This study analyzed the movements of light points to obtain the characteristics of elderly people's movements and then compared with young people's movements to find out the main factors that cause elderly people to fall. As shown in the results of the study, the main difference between elderly people and young people lies in the shift of the center of gravity. Moreover, elderly people's abilities of keeping balance after shifting the center of gravity are worse than young people's because their muscle strength and joints have deteriorated. The results of this study can help improve the reliability of the warning system for fall-risk elderly people and help develop the aids to prevent falls.

Keywords: TRIZ, Falling Mode, Ergonomics, Motion Analysis

總目錄

致謝----------I
摘要----------II
英文摘要----------III
總目錄----------IV
表目錄----------VI
圖目錄----------VIII
第一章 緒論----------1
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----------4
2-1 跌倒偵測資料----------4
2-2 機殼防水資料----------6
2-3 TRIZ 介紹----------9
2-生物力學模式- ----------10
2-5 89S51 單晶片基本介紹----------11
2-6 陀螺儀感測器----------11
2-7 RP 快速成形機----------11
第三章 研究工具----------13
3-1 人因工程----------13
3-2 洗澡重點分析----------19
3-3 LED 燈製作----------22
3-4 控制使用工具----------23
3-5 ADXRS 300 陀螺儀----------27
第四章 TRIZ 分析----------28
4-1 影像式跌倒偵測系統的 TRIZ 分析----------28
4-2 動作偵測 TRIZ 分析----------34

第五章 系統整合----------37
5-1 跌倒偵測感測器----------37
5-2 跌倒偵測流程----------43
第六章 結果與討論----------45
6-1 動作分析結果----------45
6-2 跌倒模式分析----------48
6-3 跌倒模式特徵----------56
6-4 跌倒與非跌倒狀態----------57
6-5 高壓氣密殼----------58
第七章 結論與未來展望----------62
參考文獻----------63
附錄一 89S51 程式碼----------65
附錄二 ADXRS300 規格表 ----------68
附錄三 PCI-1710HG/HGL 訊號轉接卡、訊號擷取卡規格----------70
附錄四 快速成型機 RP (Rapid Prototype)----------71
附錄五 NextEngine 桌上型 3D 掃描器----------75
附錄六 波形數據表----------79
附錄七 Trimming Rules（削剪規則）----------85

表目錄

表 2-1 跌倒偵測專利技術地圖----4
表 2-1 跌倒偵測專利技術地圖(續)----5
表 2-2 跌倒偵測歷史----5
表 2-2 跌倒偵測歷史(續)----6
表 2-3 爲防水產品的專利技術地圖----7
表 2-4 防水產品歷史----8
表 2-4 防水產品歷史(續)----9
表 3-1 控制人員手臂／手活動之主要肌----14
表 3-2 各部位重量之比例分布----15
表 3-3 各年齡層之身高、體重之平均值----16
表 3-4 台灣男性６５歲以上老年人身體各部分之尺寸----18
表 3-5 實驗對象個人資料----20
表 3-6 LED 燈材料----22
表 3-7 89S51 功能介紹----24
表 3-8 ADXRS300 接腳配置----27
表 4-1 跌倒偵測系統的元件模式----29
表 4-2 元間件功能分析----30
表 4-3 攝影機元件削減計畫----32
表 4-4 老人危險因子----32
表 4-5 跌倒偵測系統元件模型（陀螺儀）----34
表 4-6 元件交互作用矩陣（陀螺儀）----34
表 4-7 元件功能分析（陀螺儀）----35
表 4-8 矛盾矩陣（陀螺儀）----36
表 6-1 動作分析----45
表 6-1 動作分析（續）----46
表 6-2 年輕人各部位動作角度----47
表 6-3 老年人各部位動作角度----47

附錄表 1-1 ADXRS300 規格表----------68
附錄表 1-1 ADXRS300 規格表(續)----------69
附錄表 1-2 拍打肩膀模式數據表----------79
附錄表 1-3 垂直手部撞擊模式數據表----------79
附錄表 1-4 手部撞擊桌面模式數據表----------80
附錄表 1-5 手部撞擊桌面軟墊模式數據表----------80
附錄表 1-6 模特兒手部伸直往前跌倒數據表----------81
附錄表 1-7 模特兒手部伸直往後跌倒數據表----------81
附錄表 1-8 模特兒手部水平 180 度往前跌倒數據表----------82
附錄表 1-9 模特兒手部水平 180 度往後跌倒數據表----------82
附錄表 1-10 模特兒手部向下往前跌倒數據表----------83
附錄表 1-11 模特兒手部向下往後跌倒數據表----------83
附錄表 1-12 模特兒手部向上往前跌倒數據表----------84
附錄表 1-13 模特兒手部向上往後跌倒數據表----------84

圖目錄

圖 1-1 研究流程圖----------3
圖 3-1 手臂的肌肉骨骼系統----------13
圖 3-2 身體各部位尺寸與身高之比例關係----------16
圖 3-3 分別爲站著洗、彎腰洗頭、與坐著洗----------19
圖 3-4 清洗部位爲手部、背面、與正部----------19
圖 3-5 清洗大、小腿、與腳踝----------19
圖 3-6 由 LED 燈所顯示出各個關節點----------21
圖 3-7 LED 燈----------22
圖 3-8 貼在肩膀----------22
圖 3-9 89S51 基本規格----------23
圖 3-10ADC 0804----------25
圖 3-11 繼電器----------26
圖 3-12 LR12000E 記錄儀器----------26
圖 3-13ADXRS300 接腳配置正面----------27
圖 3-14ADXRS300 接腳配置背面----------27
圖 4-1 爲影像識別跌倒偵測系統的功能圖----------28
圖 4-2 爲系統元件交互作用矩陣，矩陣顯示各元件的關係。----------29
圖 4-3 影像式跌倒偵測系統功能分析圖----------31
圖 4-4 削減後的系統功能分析圖----------33
圖 4-5 削減後的系統功能分析圖----------33
圖 4-6 系統功能分析圖（陀螺儀）----------35
圖 5-1 跌倒訊號模組----------37
圖 5-2 單晶片控制電路板----------38
圖 5-3 電路板 LED 燈未亮----------39
圖 5-4 電路板 LED 亮燈----------39
圖 5-5 陀螺儀連接部份----------40
圖 5-6 記錄器運作----------40

圖 5-7 訊號轉接板----------41
圖 5-8 Wave Scan 2.0 取值訊號軟體----------41
圖 5-9 Grapher 圖形軟體----------42
圖 5-10 跌倒偵測流程 ----------43
圖 6-１拍打肩膀模式----------49
圖 6-2 拍打肩膀波形----------49
圖 6-3 垂直手部撞擊模式----------49
圖 6- 4 垂直手部撞擊模式波形----------49
圖 6-5 手部撞擊桌面模式----------50
圖 6-6 手部撞擊桌面模式波形----------50
圖 6-7 手部撞擊桌面軟墊軟模式----------50
圖 6-8 手部撞擊桌面軟墊軟模式波形----------50
圖 6-9 手部向上往前跌倒----------51
圖 6-10 手部向上往後跌倒----------51
圖 6-11 手部向下往前跌倒----------51
圖 6-12 手部向下往後跌倒----------51
圖 6-13 手部伸直往前跌倒----------52
圖 6-14 手部伸直往後跌倒----------52
圖 6-15 手部水平 180 度往前跌倒----------52
圖 6-16 手部水平 180 度往後跌倒----------52
圖 6-17 洗腰、臀部姿勢----------53
圖 6-18 洗腰、臀部姿勢波形----------53
圖 6- 19 洗手姿勢----------53
圖 6-20 洗手姿勢波形----------53
圖 6-21 洗頭姿勢----------54
圖 6-22 洗頭姿勢波形----------54
圖 6-23 洗腳姿勢----------54
圖 6-24 洗腳姿勢波形----------54
圖 6-25 手部抬高模式----------55

圖 6-26 手部抬高模式波形----------55
圖 6-27 手部抬高斜方向躺模式----------55
圖 6-28 手部抬高斜方向躺模式波形----------55
圖 6-29 跌倒模式特徵----------56
圖 6-30 跌倒模式特徵波形----------56
圖 6-31 跌倒模式特徵與波形----------57
圖 6-32 洗澡跌倒模式----------57
圖 6-33 跌倒模式特徵與波形----------57
圖 6-34 手部自由擺動----------57
圖 6-35 組裝流程----------58
圖 6-36 本體正面----------59
圖 6-37 本體反面 ----------59
圖 6-38 墊圈一----------59
圖 6-39 墊圈二----------60
圖 6-40 壓力盤斜視圖----------60
圖 6-41 壓力盤上視圖----------60
圖 6-42 壓力盤前視圖----------60
圖 6-43 底蓋----------61
圖 6-44 底蓋前視圖----------61
附錄圖 1-1 訊號轉接板----------70
附錄圖 1-2 訊號轉接卡----------70
附錄圖 1-3 RP 製程----------71
附錄圖 1-4 STL 轉換切層----------71
附錄圖 1-5 RP 種類----------72
附錄圖 1-6 半液態法----------72
附錄圖 1-7 3D Scanner----------76
附錄圖 1-8 物件劃分----------77
附錄圖 1-9 畫質----------77
附錄圖 1-10 亮度----------77

附錄圖 1-11 焦距----------77
附錄圖 1-12 距離----------77
附錄圖 1-13 首次完成圖----------78
附錄圖 1-14 首次完成圖左側 ----------78
附錄圖 1-15 第二次單向掃描圖----------78
附錄圖 1-16 拼接完成圖----------78

第一章　緒論

1-1　研究動機

由於現代醫療設備的進步，我國國人的平均壽命不斷增長，從民國 82 年正式邁入高齡化社會，65 歲以上老人所佔的比例一直都在持續低攀升，直到民國 100 年 65 歲以上人口占我國總人口數的 10.9%，而全世界老年人口共 8.1 億人，占總人口約 11%，由此數據可知道老年人口在全世界所佔的比率是很高的。因此對老年人口的照顧也是目前臺灣社會的一大重點，在民國 95 年事故傷害佔老年人死因第七位，跌倒則佔六十五歲以上事故傷害的第二位，六十五歲以上的老人是跌倒事故傷害死亡的最高危險群。流行病學調查顯示 1985 年到 1994，每年因跌倒所造成之死亡人數平均爲 335.1 人，其中 65 歲以上老人平均有 146.8 人，佔了 43.81%。在研究中更加注意老人的安全，因此本團隊結合了在四年以來所學的系統化創新(TRIZ)、人因工程以及在高中職所學的資訊、機械來設計出一款能夠在老人跌倒時警示的系統，這樣能使老人再第一時間受到最好的醫療照顧。

1-2 研究目的

基於老年人跌倒造成嚴重健康隱憂，本研究擬開發跌倒偵測技術，藉系統化創新(TRIZ)技法、人因工程的人體重心轉移動作特徵、陀螺儀感測器與單晶片微電腦控制的判斷系統，期提高跌倒狀態偵測的準確性，使跌倒狀態發生的第一時間，即能提供即時救護，降低跌倒造成的身體傷害。本研究所開發技術擬達到以下特性：

一、正確性：

以陀螺儀量測跌倒行爲發生時的角速度值變化，辨識跌倒動作特徵，提升跌倒辨識正確度。

二、快速性：

跌倒行爲發生時，可經由無線傳輸系統傳送訊號到監控人員，監控人員能在第一時間進行救護行動。

三、方便性：

配戴者可以自由行動，不會被侷限在特定地點範圍。

四、耐用性：

本研究在機殼上加裝了防水之功能，能使老年人能夠安心的行動，不必擔心它會因人爲因素或外在因爲而損壞。

1-3 研究流程

研究流程如圖 1-1 所示。

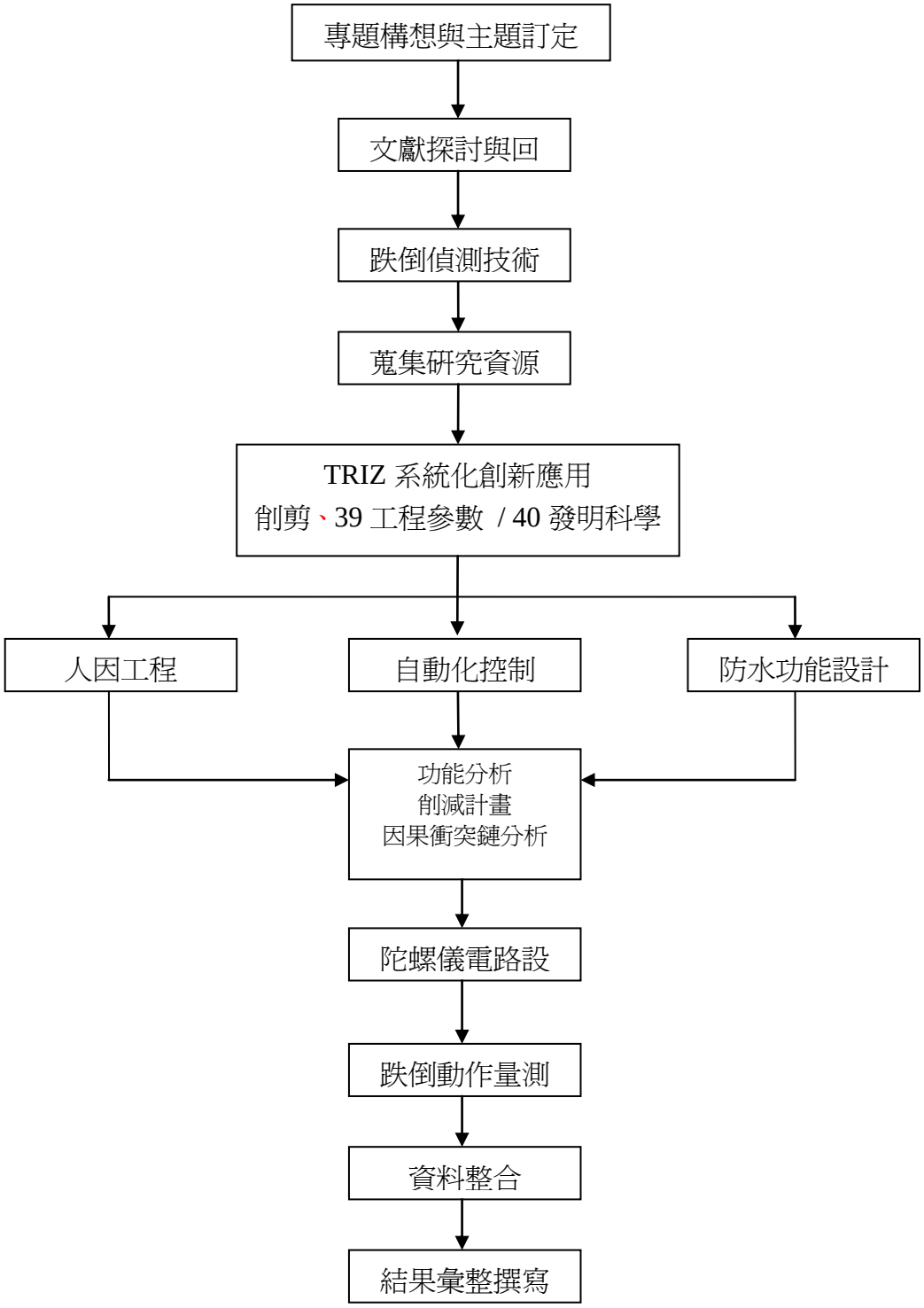


圖 1-1 研究流程圖

第二章　文獻回顧與探討

2-1 跌倒偵測資料

表 2-1 爲跌倒偵測的專利技術地圖，老人容易跌倒的主因爲：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。跌倒模式爲：該研究【18】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。【18】

本研究採取陀螺儀產生角速度信號時，經過 RATE 送出，傳到 ADC0804，由 89S51 送一個開始轉換的信號給 ADC0804，在等待 ADC0804 傳回已完成轉換的信號，即可讀入電壓資料，並顯示在七節顯示器上面。當電壓未達到設定標準上限時，繼電器呈現 ON 狀態，LED 燈則不亮，當電壓超過標準上限時，繼電器呈現 OFF 狀態，LED 燈則亮，代表老年人已經發生跌倒狀況。表 2-2 爲相關專利文獻之整理。

表 2-1 跌倒偵測專利技術地圖【3】

功效 / 技術	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

表 2-1　跌倒偵測專利技術地圖(續)				
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		

表 2-2　跌倒偵測歷史【3】

專利編號	公告日	申請號	專利名稱
I335181	2010/12/21	095146570	人類行爲事件偵測系統、方法及裝置
I374408	2012/10/11	098121994	應用三軸加速規之跌倒偵測方法
M438682	2012/10/01	101206517	口袋型跌倒警報器
M400627	2011/03/21	099216652	多功能語音提示紅外線離床與預防跌倒警示器
M397007	2011/01/21	099217028	安家照護系統
M403070	2011/05/01	099216690	老人安全監控裝置
M434279	2012/07/21	101200246	老人照護系統
I340931	2011/04/21	096136413	行爲辨識方法及系統
I356357	2012/01/11	096149633	估測人體姿態之方法
I373011	2012/09/21	097119031	跌倒偵測及通報系統
M411631	2011/09/11	099221021	改良型緊急醫療通訊系統
M400056	2011/03/11	099220803	佩戴式照護跌倒偵測裝置
M361902	2009/08/01	098201265	具人體姿勢辨識功能之架構

表 2-2　跌倒偵測歷史(續)

M429154	2012/05/11	100205305	具有同時偵測跌倒與定位的系統
M337939	2008/08/01	097203494	具跌倒警示之藍芽耳機
M390510	2010/10/11	09921000	看護通報系統
M429949	2012/05/21	10022301	異常姿勢偵測裝置
M394541	2010/12/11	099216111	跌倒偵測裝置
M353452	2009/03/21	097219318	跌倒警示器
M389901	2010/10/01	099205817	感測跌倒與暈倒裝置
I321949	2010/03/11	095139098	遠端居家監視系統及其方法
I373012	2012/09/21	097150939	銀髮社區行動式保全及跌倒偵測系統
I275045	2007/03/01	094133916	跌倒事件偵測方法
I332829	2010/11/11	096139388	無線射頻電子標籤應用於特定人士的行動安全監控方法及其裝置
M336779	2008/07/21	09621321	供配帶於腰部的健康管理及跌倒警示裝置

2-2 機殼防水資料

表 2-3 爲機殼防水的專利技術地圖：本實驗場所設定於浴室，而本實驗所用陀螺儀爲電子設備，故本研究設計防水機殼來放置陀螺儀。表中爲防水外殼設計各類資料，在防水外殼設計中大多以防水爲主軸而忽略在維修上的不方便性，再擴充運用上也減少不少的運用、表 2-4 爲相關專利文獻之整理。

表 2-3 爲防水產品的專利技術地圖【3】

功效 / 技術	可攜性	防水	可擴充性	方便維修	可拆式
防水墊圈	M439324 M432779 M432780	M439324 M432775 M432780 M431080 M431451			
收容腔（空間）		M436252 M435100	M436252		
扣件	M439391 M432779 M432063	M439391 M434409 M432063 M431080 M426689 M428967		M439755	M432063 I365704
密封層	M435440 M433770 M434278 M429560	M439755 M435440 M433770 M434278 M432211 M429211. I363163 M427529 I361446	M429211 M428555 M434031		M439755 M435440 M433770
防水膜層膠材	I370457	M436866 I370457			M436866

表 2-4　防水產品歷史【3】

專利編號	公告日	申請號	專利名稱
M439391	20121021	101204208	智慧型手機防水盒
M439755	20121021	101207905	可拆式防水燈具
M439324	20121011	101206694	手持式裝置之防水結構改良
M436866	20120901	101206939	具防水功能的輸入模組
M433770	20120721	101201215	防水手機袋
I370457	20120811	096133331	具變色及防水功能之隨身碟
M435440	20120811	100220132	相機防水套改良結構
M435100	20120801	101204734	高速馬達防水防塵裝置改良
M433770	20120821	101206554	防水之音頻連接器構造
M434031	20120721	100218631	一種防水承載體之結構
M434278	20120721	101200214	居家照護緊急求救器之防水殼體結構
M434409	20120721	101204471	具有防水功能之機殼模組及其電子裝置
M432775	20120701	101203592	防水燈殼組
M432779	20120701	100220604	無螺絲鎖固防水燈組及其卡扣連接機構
M432780	20120701	101201271	防水戶外燈組
M432063	20120621	101203419	使用者可配置的相機防水裝置
M432211	20120621	101204144	水流發電之防水喇叭
M431080	20120611	100217839	腳輪防水結構
M431451	20120611	100223353	天線之防水裝置
I365704	20120601	098108387	可防水的電子裝置散熱結構
M428967	20120511	100209160	防水閘門框軌

表 2-4　防水產品歷史(續)

M429211	20120511	101200858	防水通用串行總線連接器
I363163	20120501	098105643	防水燈具
M428555	20120501	100223779	防水連接器
M427529	20120421	100218524	一種具有對光源進行折射之防水燈具
M426689	20120411	100217832	防水防塵透氣閥結構
I361446	20120401	097145060	具有防水及防誤觸的接頭結構
M429560	20120521	100221216	具有防水及防塵效果之棘輪扳手

2-3 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 件被視爲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」【9】。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爲容易。本研究運用 TRIZ 技法，尋求解決問題的創意方案。

2-4 生物力學模式

本研究探討人類跌倒的動作特徵，可運用生物力學模式中肌肉、骨骼在運動

過程的協調與牽制機制，對跌倒動作的信號變化作出合理解釋。下列爲量測跌倒的數種方法：

（一）運用實際拍攝之圖像做行爲分析辨別：

一場所上方安裝攝影機，持續攝錄該場所之監視影像，監視影像係由複數張連續圖片組成；一動態影像偵測裝置，該動態影像偵測裝置由該環場攝影機取得該監視影像，藉由分析該複數張連續圖片之間的差異，偵測出該監視影像中之一動像；以及一事件分析裝置。【13】

（二）運用動態與靜態動作與加速度偵測之系統：

將三軸加速度計之讀值經過訊號前處理步驟，分離出動態與靜態加速度；及檢查動態加速度中是否存有因跌倒所造成之異常訊號，若無，則分析動態加速度，判斷人體姿態處於動態或靜態姿態；若判斷人體姿態處於動態姿態，則經由步伐偵測及步伐判斷的前處理步驟，偵測有無步伐的動作。【16】

（三）運用電阻與懸掛金屬物之偵測

感測裝置主要係設有一微控制器，於該微控制器設有拉昇電阻，該拉昇電阻一併連接有垂吊金屬體，該垂吊金屬體可用於感測使用者跌倒、暈倒之情況發生，於拉昇電阻另端則連接電源；該垂吊金屬體係將一金屬體一端樞設於機板上，另端則與一接地金屬片相接觸。【15】

（四）運用路由器與定位裝置之系統做偵測：

該跌倒偵測與定位裝置係用以偵測被照護者的位置及跌倒狀態，，且跌倒狀態與位置訊息可利用路由器所構建的無線感知網路以無線方式傳送至照護端警示裝置，而達到緊急救護的目的；該路由器係裝設於被照護者活動區域的裝置，跌倒偵測與定位裝置的跌倒與定位資訊。【14】

（五）運用擺動感測器偵測跌倒訊號：

使用一擺動感測物件，能感測該受監控者之移動、擺動或振動進而產生一訊號；，該訊號傳送元件係電連接至該至少一擺動感測物件，該訊號傳送元件用以接收該至少一擺動感測單元所產生之該訊號，並且以無線方式發送該訊號。【17】

2-5 89S51 單晶片基本介紹

89S51 系列單晶片是由 Atmel 公司所生產，市面上容易購得，除了價格便宜外，其品質穩定、發展工具很容易取的，在功能加以改良所發展出的 8 位元微電腦亦可作爲工業電腦使用。因參考用書隨處可得因此，被學校或產業界的自動控制領域被廣泛使用。此外，MCS-51 單晶片控制已經是市場上普遍用於各類電子產品控制電路的流行趨勢【1】。由於市面上並沒有可以滿足本研究需求的電路本，因此我們使用電子元件和麵包板，著手設計研究所需要的電路圖，再經由書籍上所相關記載的部份電路圖和程式碼，整合我們所需要的研究電路圖。

2-6 陀螺儀感測器

陀螺儀(gyroscope)，是一種用來感測與維持方向的裝置，基於角動量守恆的理論設計出來的。陀螺儀主要是由一個位於軸心且可旋轉的輪子構成。 陀螺儀一旦開始旋轉，由於輪子的角動量，陀螺儀有抗拒方向改變的趨向，多用於導航、定位等系統【12】。以訊號處理的方式來估測出陀螺儀動態與系統未知參數及待量測的角速度，如此一來，我們可以依照角速度的大小來判定老年人是否有跌倒的情況。近年來由於電子業技術發展快速，使得陀螺儀感測儀器等體積越來越小，也有越來越多利用陀螺儀所擷取之動作訊號作爲人體動作之研究參數。

2-7 RP 快速成形機

快速成型機(Rapid Prototype)係運用快速列印成型觀念，應用在塑膠射出之模具設計與製作，以縮短製造時間，降低成本，進行產品製程中之改善【2】。RP 系統可以製作出各種複雜形狀或細部結構之模型，爲製造工業消除很多限制，在開發一種新產品可以運用 RP 來進行研究之工具，並可以減少時間跟開發與費用上的縮減。首先由電腦補助軟體(SolidWorks)繪製出所開發中的產品構造原件，轉成快速成型機所需之檔案格式，再經由快速成型機製作之標準格式，以確定尺寸與外型，並找出開發中之產品縮需要的最佳射出條件，最後再經由快速成型機製作之熱塑膠材質（主要成份爲石蠟與聚合物）之快速模具，直接於 RP

快速成型機之模擬開發元件進行射出，並進行產品改善與評估等。本研究擬運用實驗室的 RP 設備，設計開發具防水功能的動作感測電路承載盒體。

第三章 研究工具

3-1 人因工程

一、骨骼系統：

人體的骨骼系統包括 206 塊骨骼、與骨骼聯的韌帶、軟骨及關節組織。骨骼與骨骼之間以關節組織連接，關節組織依其可活動之程度區分爲不動關節、微動關節與可動關節爲三大類。不動關節依其構造可分爲纖維接合、軟骨接合及骨融合三種，微動關節依其構造也可區分爲纖維結合、軟骨接合兩種，可動關節依其構造則可分爲單軸、雙軸及三軸關節三種，這三種關節容許不同向度之肢體活動。

二、肌肉系統：

骨骼肌是由不同之肌束組成，而肌束又可分爲許多的肌纖維(ｍｕｓｃｌｅｆｉｂｅｒ)，而肌纖維則又由許多的肌原纖維(ｍｙｏｆｉｂｒｉｌｌ)所組成，人體共有約７００受骨骼肌，常見之人員肢體活動之骨骼肌可分爲中軸肌群及附肢肌群。中軸肌群包括頭、頸、軀幹等部位之骨骼肌，附肢肌群則包括四支部份之肌肉如下表 3-1 與圖 3-1 所示。

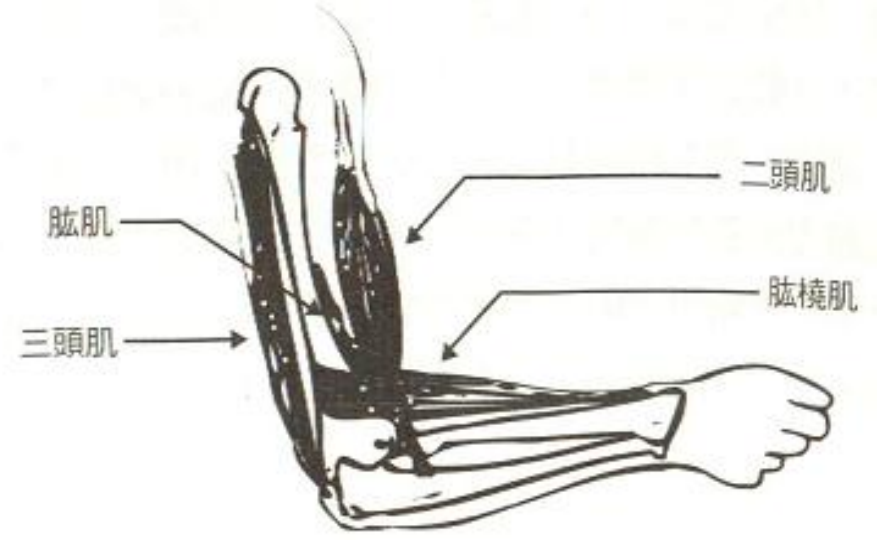


圖 4.1 手臂的肌肉骨骼系統。

圖 3-1 手臂的肌肉骨骼系統【11】

表 3-1 控制人員手臂／手活動之主要肌肉

肌肉名稱	肌肉作用
肱二頭肌	臂屈曲／外轉
肱肌	下臂屈曲
肱橈肌	同（肱肌）
三頭肌	下臂伸直

三、肢體角度

人的姿勢是由各部位關節兩側的肢體間之夾角決定的，肢體間角度的量測可說是姿勢分析的基礎，角度之量測可用角度計（goniometer）來進行。角度計依照所欲量測的肢體部位而有不同之規格，大至手臂、腿部之活動小至手指之細微動作之角度均可以對應之角度計來量測；角度計量測具有簡易、低成本之優點，但也主要適用於靜態的量測。

四、動作分析

人體的活動可用動作分析系統來調查，動作分析系統通常包括攝影機（一至三台）、影像處理器及電腦（含分析系統）。若僅用一台攝影機，則只能分析二度空間之人體活動，這種狀況下，則應拍攝較能反應身體活動之平面，例如：矢狀面。在拍攝過程中，人員身體上支解剖學上之參考點（通常以關節部位爲主）需加以標記，然而附著之標記常因人員活動之角度關係而被阻擋；活動中一系列之座標直可經簡易之計算而得到速度及加速度，動作分析軟體都有直接計算之功能。

五、生物力學模式

肌肉骨骼系統的行爲與能力限度可以生物力學來分析。生物力學的分析通常需使用儀器設備來收集人員活動中之運動學與力學的數據並以力學的方式來進行分析。

六、動作姿態分析與肌肉骨骼系統

（一）身體各部位體重分配之百分比如表 3-2。

其中頭、頸佔體重百分比 8.4%、軀幹佔體重百分比 50%、手臂(單) 佔體重百分比 5.1%、腿(單) 佔體重百分比 15.7%，本專題的人型模特兒配重，依據表 3-2 重量分配設計。

表 3-2　各部位重量之比例分布

群體部位佔體重百分比		各別部位佔群體部位之百分比	
頭、頸	8.4%	頭 頸	73.8% 26.2%
軀幹	50%	胸 腰 臀	43.8% 29.4% 26.8%
手臂(單)	5.1%	上臂 下臂 手	54.9% 33.3% 11.8%
腿(單)	15.7%	大腿 小腿 腳	63.7% 27.4% 8.9%

（二）身體各部位尺寸與身高之比例關係（如圖 3-2 所示）

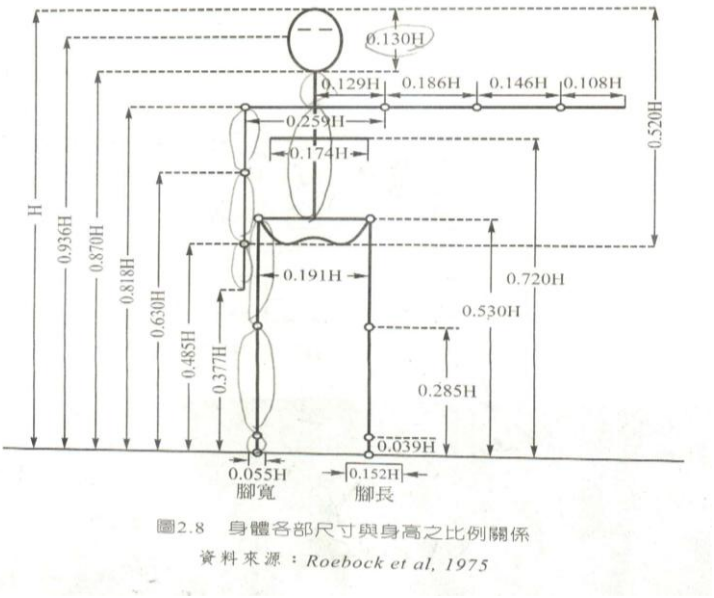


圖 3-2 身體各部位尺寸與身高之比例關係 (H 代表身高)【7】

（三）各年齡層身高、體重、身體質量指數之平均值、準差。（如表 3-3）

表 3-3　各年齡層之身高、體重之平均值

年齡(歲)	樣本數(人)	身高(公分)			體重(公斤)			身體質量指數 (公斤/公尺^2)	
		平均值	標準差	前次調查平均值*	平均值	標準差	前次調查平均值*	平均值	標準差
4	87	107.7	9.7	103.8	17.5	2.6	16.3	15.2	1.9
5	104	112.9	5.0	109.3	20.1	2.9	18.0	15.8	1.9
6	125	119.0	6.5	115.2	22.2	4.6	20.0	15.5	2.1
7	121	125.9	5.8	119.8	26.1	4.7	21.7	16.4	2.5
8	105	129.8	4.6	125.7	27.7	4.0	24.8	16.4	2.0
9	114	137.1	6.0	130.5	32.8	6.6	27.1	17.3	2.7
10	128	141.5	6.8	135.2	35.7	8.5	30.2	17.7	3.0

表 3-3　各年齡層之身高、體重之平均值(續)

11	115	146.6	6.7	140.5	38.8	8.7	33.4	17.9	3.3
12	140	153.7	8.2	146.6	43.3	9.1	37.9	18.3	3.0
13	156	159.5	8.3	153.6	46.6	8.6	43.1	18.2	2.8
14	101	166.5	6.5	159.8	52.7	11.3	18.6	18.9	3.5
15	95	169.0	6.3	164.1	57.7	9.6	52.2	20.0	3.2
16	75	169.9	5.5	168.5	58.6	9.0	56.3	20.3	2.8
17	70	171.7	5.4	169.9	64.9	10.3	57.9	22.1	3.8
18	44	171.4	5.2	170.1	61.2	6.7	59.7	20.8	2.0
19-44	510	168.6	6.0	169.4	64.3	9.5	62.2	22.6	3.0
45-64	612	165.3	5.9	164.6	65.2	10.4	63.8	23.8	3.3
65 -	319	163.6	5.5	161.9	61.2	11.1	57.5	22.8	3.6

（四）以上各資料，計算出台灣男性老年人身體各部分之尺寸與比例，如表 3-4，模特兒製作按表中重量比例分配，模特兒重量 2,040 公克。

表 3-4 台灣男性６５歲以上老年人身體各部分之尺寸

年齡：６５以上			
身高：１６３.６ｃｍ			
體重：６１.２ｋｇ			
	重量(G)	長度(CM)	人體模特兒
頭部	3800	21.19	
頸部	2630	11.247	
軀幹	30600	46.944	
上臂(單)	1710	30.318	
下臂(單)	1040	23.798	
手掌(單)	370	17.604	
腳底	855	6.357	
大腿(單)	6120	39.935	
小腿(單)	2630	40.098	

3-2 洗澡重點分析

一、洗澡清洗之重點部位（**人洗澡清洗各部位時之擷取動作**）

洗頭（如圖 3-3 所示）

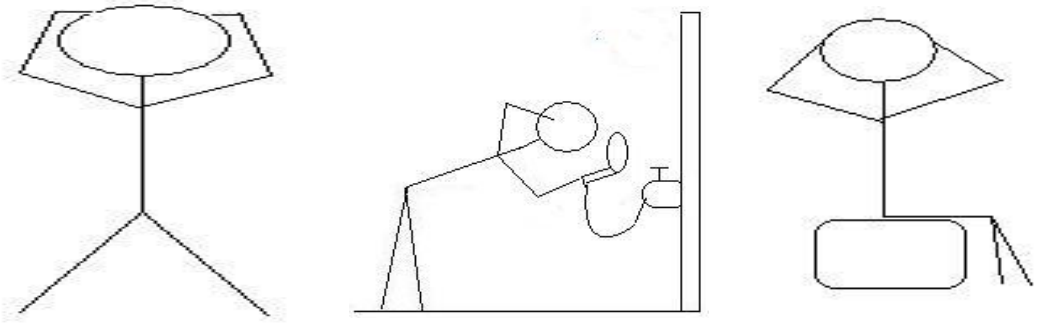


圖 3-3 分別爲站著洗、彎腰洗頭、與坐著洗

洗身體（如圖 3-4 所示）



圖 3-4 清洗部位爲手部、背面、與正部

洗腿、腳（如圖 3-5 所示）

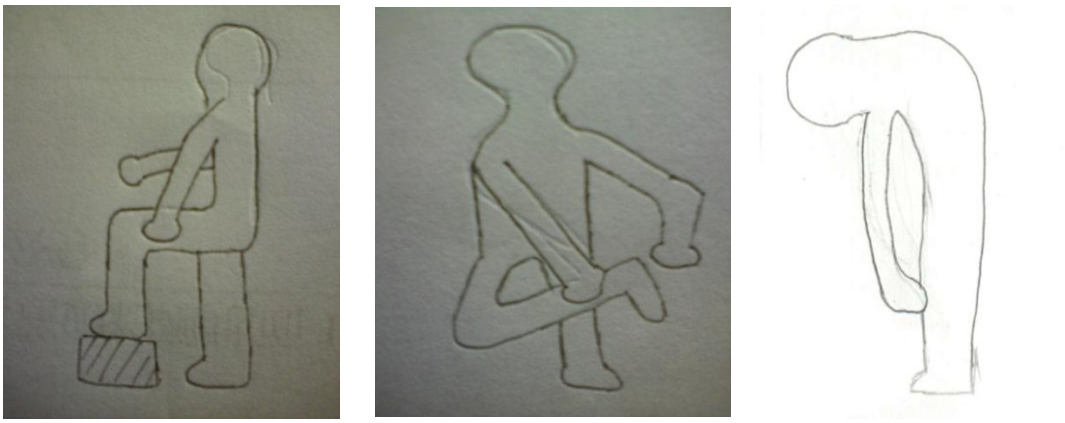
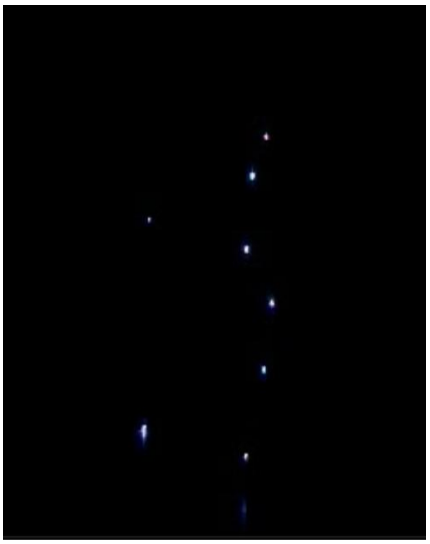
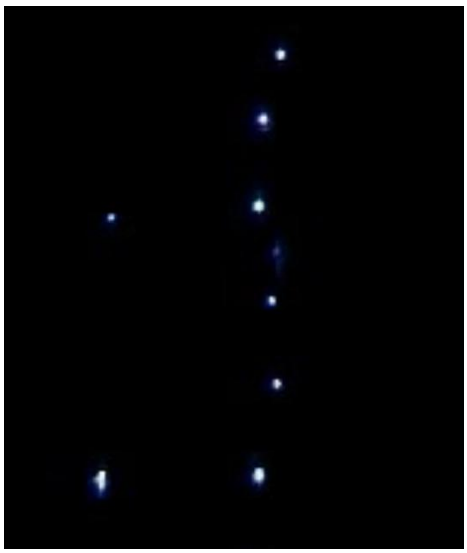


圖 3-5 清洗大、小腿、與腳踝

二、實驗對象

由老年人與年輕人分別做出各洗澡動作流程，藉此找出兩者間於不同的動作之差異性，實驗對象資訊如表 3-5 所示。

表 3-5 實驗對象個人資料

年齡	８０	２２
身高(ｃｍ)	１４５	１７０
體重(ｋｇ)	５０	４７
影片	老奶奶版本.wmv	影片：學生版本.wmv
		
		

三、身體各部位 LED 燈的關節點

經由ＬＥＤ燈所拍攝下來的洗澡動作流程，所繪製而成的動作角度分析圖，從一連串地的洗澡動作，擷取出重心偏移量最大的動作，即是可能會造成老人跌倒的動作因素，加以分析如圖 3-6 所示。

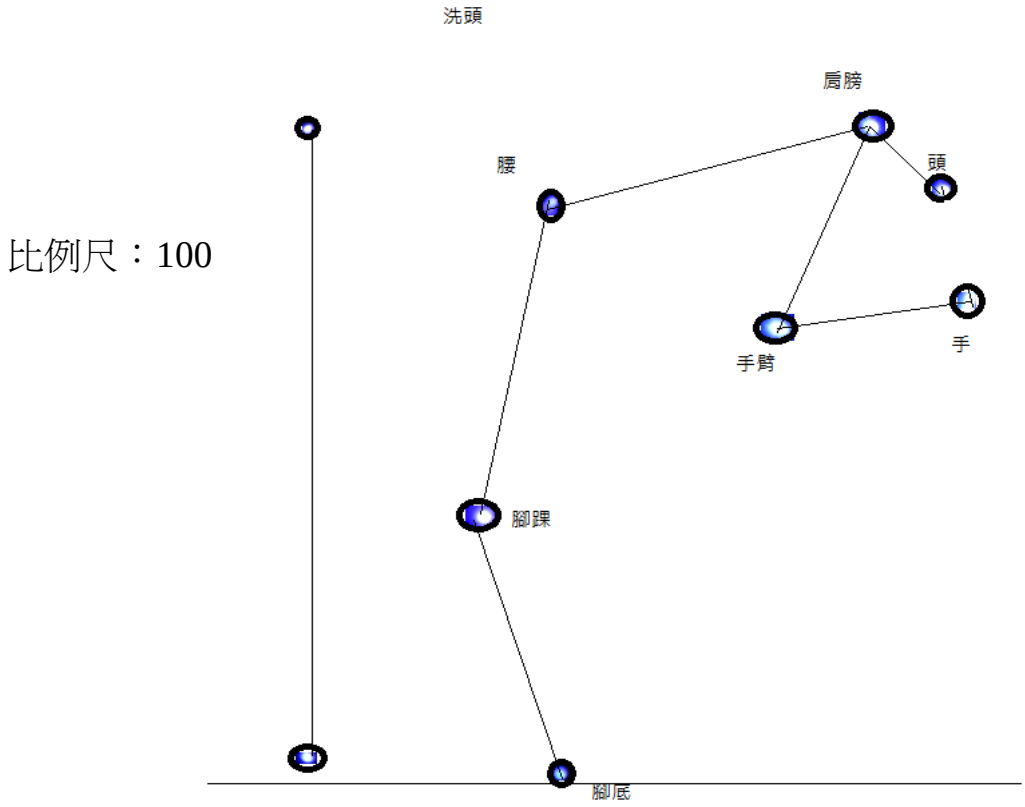


圖 3-6 由 LED 燈所顯示出各個關節點

3-3　LED 燈製作

一、說明(如圖 3-7、3-8)

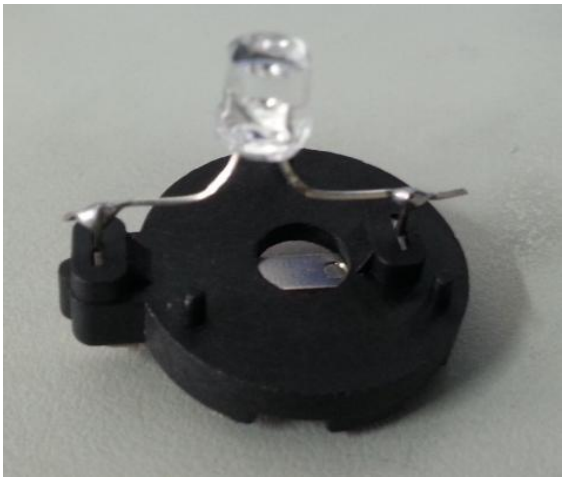


圖 3-7 LED 燈組成



圖 3-8 LED 燈與貼在肩膀上

因爲市場沒有實驗所需的點狀發光產品，所以自行設計製作 LED 燈，來符合我們所要的功能。首先將 LED 燈正負腳，連接電池座背面的相對應正負腳，再加上一個水銀電池即可完成。

二、需要材料(如表 3-6 所示)

表 3-6 LED 燈材料

材料	數量
LED 燈（藍色）	10
水銀電池(3V)	10
水銀電池底座	10
魔鬼氈、泡棉雙面膠帶	2
比例尺(100CM)	1

三、擺放位置

分別貼於各部位關節處，包括頭部、肩膀、手軸、手掌、腰部、膝蓋、腳踝、另外一隻腳的腳踝和比例尺上下底部各 2 個，作爲人體洗澡模式拍攝的擺放位置。目的發現任何動作的移動軌跡，以及各種洗澡動作特徵，藉此觀察發生跌倒的原因。

3-4 自動控制使用工具

一、89S51 單晶片

（一）基本規格 （如圖 3-9）

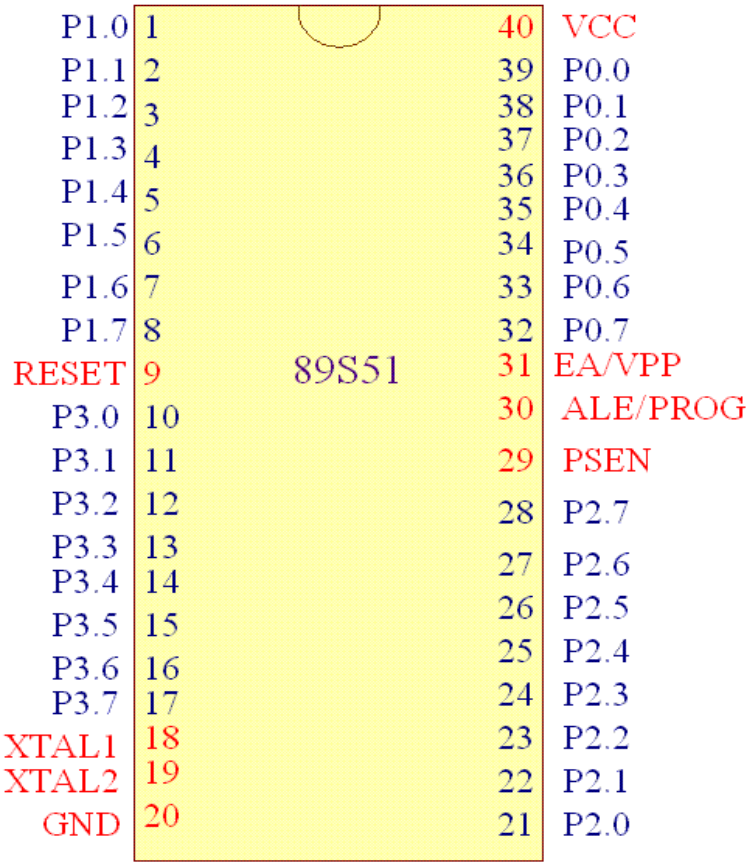


圖 3-9 89S51 基本規格

1、Pin 40　電源+輸入 以及 PIN 20 電源 - 輸入。

2、Pin 9　RESET 接腳，幾乎所有微處理器都需要重置的動作。

3、PIN 18 PIN 19　是時脈接腳，利用兩顆電容及一個石英晶體即可達到目的。

4、ALE/PROG PIN 30 主要是位址拴鎖致能/燒錄脈波輸入。

5、PIN 29 PSEN　功能是程式儲存致能，跟存取外部記憶體有關。

6、PIN 31 EA/VPP 外部存取致能 ，該接腳是來記憶體是否要從外面存取。

7、PIN 32~39 定義爲 P0 埠，是屬於雙向 IO，跟其他 IO 埠不同。

8、PIN 21~28 定義爲 P2 埠、PIN 1~7 定義爲 P1 埠皆爲 IO 埠。

9、PIN 10~17 定義爲 P3 埠爲 IO 埠。

（二）功能介紹（如表 3-7 所示）

表 3-7 89S51 功能介紹

	89S51
型式	EEP ROM
ROM	內建 4kbytes、外接最大 64k bytes
RAM	內建 128bytes、外接最大 64k bytes
計時/計數器	2 個 16 位元計時計數器
中斷源	6 個
I/O	4 個 8 位元輸出入埠

（三）程式語言（參考附錄一）以及燒錄軟體

本實驗是使用 Keil uVision4 程式軟體下去編輯而成的，在軟體書寫方面，則是編寫原始程式 C 語言、在經過編譯、組譯成爲可執行程式碼，然後進行除錯。若軟體設計無誤，則可利用 ATMEL ISP IC 燒錄器，將程式碼燒錄到 89S51，就可完成設計。

（四）用途

最主要是控制整個電路，包含 ADC 0804、繼電器、七節顯示器等等，傳遞數據以及訊號。

二、ADC 0804 晶片介紹

（一） A/D 轉換器之基本原理

A/D 轉換器爲類比/數位轉換器，是將感測器或轉換器的輸出類比信號轉換爲數位信號輸出，可以提供給單晶片或微處理機，以做爲更廣泛的應用。

（二） 規格與接腳 （如圖 3-10 所示）

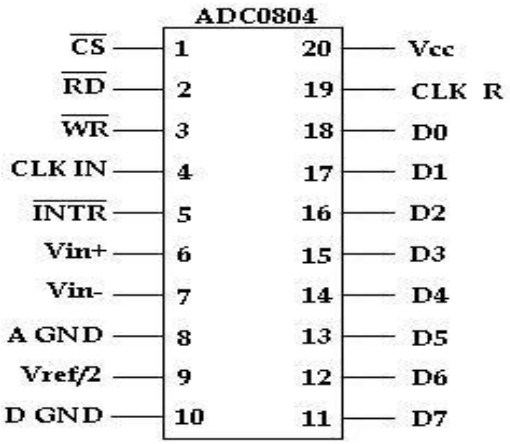


圖 3-10 ADC 0804

1、/CS ：晶片選擇信號。

2、/RD：外部讀取轉換結果之控制腳輸出信號，/RD 爲 HI 時，DB0～DB7 處於高阻抗，/RD 爲 LO 時，數位資料才會輸出。

3、/WR：用來啓動轉換的控制輸入，相當於 ADC 之轉換開始(/CS=0)時，當/WR 由 HI 變爲 LO 時，轉換器被清除，當/WR 回到 HI 時，轉換器正式開始。

4、CLK IN ，CLK R：時脈輸入或接振盪元件(R,C)，頻率約限制在 100KHZ～1460KHZ，若使用 R C 電路則其振盪頻率爲 1/(1.1RC)。

5、/INTR：中斷請求信號輸出，低準位標準。

6、VIN（+），VIN（-）：差動類比電壓輸入。DB0～DB7：8 位元的數位輸出。

（三）用途

將單晶片傳送的類比訊號轉成數位訊號，並顯示在七節顯示器上。

三、繼電器

（一） 繼電器原理

一種電子控制元件，具有控制系統和被控制系統，通常應用於自動控制電路中。它實際上是用較小的電流去控制較大電流的一種「自動開關」。其中 c-b 之間爲常閉接點，簡稱爲 NC 接點、c-a 之間爲常開接點，簡稱爲 NO 接點。如圖 3-11 所示。

（二）用途

超過 89S51 內定跌倒信號標準值，決定打開或關閉，控制 LED 燈亮或不亮。



圖 3-11 繼電器

四、LR12000E 記錄儀器

（一） LR12000E 記錄儀器介紹

使用筆式記錄，亦提供顯示於對話框螢幕的操作指示與多頻道資料顯示功能。提供 DC 電壓，熱電偶和 RTD 等資料輸入，可涵蓋多數類型的測量。如圖 3-12 所示。

（二）用途

角速度訊號送入，筆針記錄下高低峰波值，是否有劇烈變化，也可用來取值。

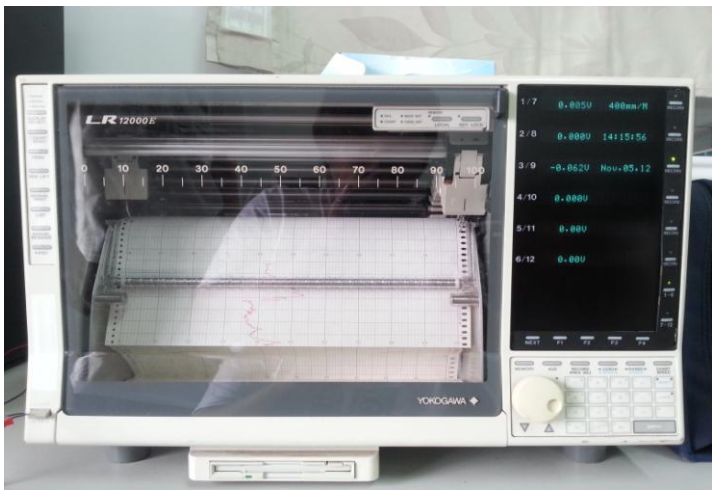


圖 3-12 LR12000E 記錄儀器

3-5　ADXRS 300 陀螺儀

一、 操作原理

藉兩個多晶矽傳感結構與一個抖動幀，形成一個電容檢測線圈結構用以感測角速度。所產生的信號送入一系列階段產生的增益和解調電氣率信號輸出。

陀螺儀輸出電壓值與角速度的關係爲，角速度(˚/s)＝200x（輸出電壓）－500

（一） 接腳配置 （如圖 3-13、圖 3-14、表 3-8 所示）規格表（參考附錄二）

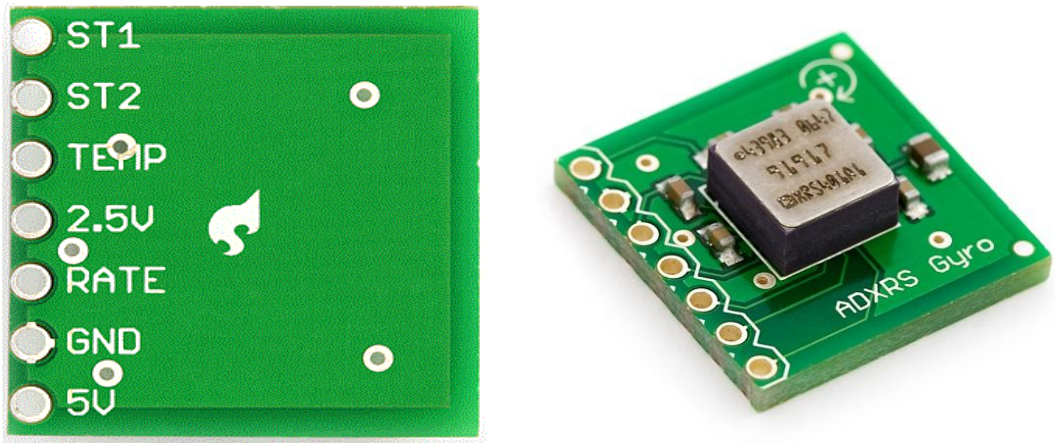


圖 3-13、圖 3-14　ADXRS300 接腳配置正面與背面

表 3-8　ADXRS300 接腳配置

ST1：自檢感應器 1
ST2：自檢感應器 2
TEMP：溫度電壓輸出
2.5V：2.5 V 精密基準
RATE：速率信號輸出
GND：(一）接地
5V：接（＋）電源

（二）用途

人體模型擺好洗澡姿勢時，進行跌倒模擬，量測角速度（以電壓值顯示）高低變化，訊號送入電腦裡面，以圖形峰波值，分析老人跌倒的情況，判斷是否正常或者誤判的行爲。

第四章　TRIZ 分析

4-1 影像式跌倒偵測系統的 TRIZ 分析

跌倒偵測系統用以捕捉並識別跌倒訊息的方法有多種，如文獻回顧中所提的影像辯識、加速規與陀螺儀等；以下針對用影像識別判定跌倒姿態，與結合 RFID 將跌倒訊號（影像）傳遞到遠端監測人員的一種跌倒偵測系統進行 TRIZ 分析，以尋求簡化系統與提升系統效益的創新解決方案。

圖 4-1 爲影像識別跌倒偵測系統的功能圖[19]，系統由攝影機、影像辨識軟硬體、RFID 資訊傳遞、老人危險因子資料庫、老人資料庫與遠端監測人員構成，其運作流程爲由環場攝影機拍攝老人於固定範圍空間內的活動影像，影像經擷取後與辨識老人危險因子資料庫內跌倒特徵比較辨識，經認定爲跌倒狀態，即與 RFID 標籤及老人資料庫連結，確認老人個人資料後，藉 RFID 發送至遠端監測人員進行後續處理。此系統運用複雜且昂貴的影像處理軟硬體設備，影像全時監測會導致個人隱私洩露或監測死角的問題；故本研究擬運用 TRIZ 創新方法，尋求簡化系統元件/流程、降低成本與提高跌倒識別度的解決方案。

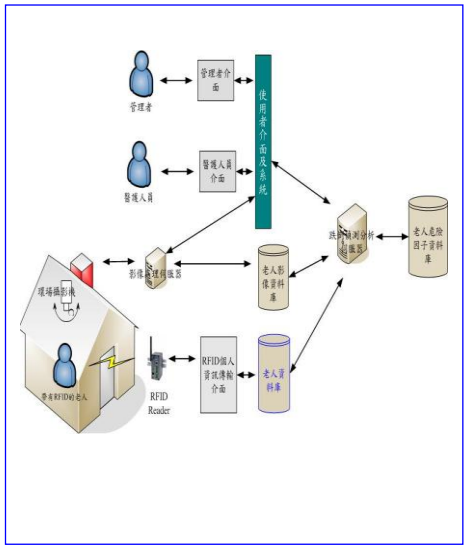


圖 4-1 爲影像識別跌倒偵測系統的功能圖[19]

表 4-1 爲前述跌倒偵測系統的元件模式，共有九項元件，其中老人、遠端監測人員與隱私行爲列爲在超系統的元件。

表 4-1 跌倒偵測系統的元件模式

功能分析（元件模式）

工程系統: 跌倒偵測系統　　主要功能: 偵測人跌倒

系統元件	超系統元件
攝影機	老人（跌倒發生）
動作辨識軟硬體	遠端監測人員
RFID 標籤	隱私行爲
RFID 資訊傳遞	
老人資料庫	
老人危險因子資料庫	

Source: S. Ikovenko

圖 4-2 爲系統元件交互作用矩陣，矩陣顯示各元件的關係。

系統:跌倒偵測系統　　**交互作用矩陣**　　+:交互作用 -: 無關連

From-To	攝影機	動作辨識軟硬體	RFID標籤	RFID資訊傳遞	老人資料庫	老人危險因子資料庫	老人跌倒	遠端監測人員	隱私行爲
攝影機		+	−	−	−	−	+	+	+
動作辨識軟硬體	+		−	−	+	+	−	+	−
RFID標籤	−	−		+	+	−	+	−	−
RFID資訊傳遞	−	−	+		+	+	−	+	−
老人資料庫	−	+	+	+		−	−	+	−
老人危險因子資料庫	−	+	−	+	−		−	−	−
老人跌倒	+	−	+	−	−	−		−	−
遠端監測人員	+	+	−	+	+	−	−		−
隱私行爲	+	−	−	−	−	−	−	−	

Source: S. Ikovenko

圖 4-2 系統元件交互作用矩陣

表 4-2 元間件功能分析

功能分析(功能模式)

U — Useful function
H — Harmful function
Rank: B — Basic function
Ax — Auxiliary function
Ad — Additional function

Performance level: (U)
I — Insufficient level
E — Excessive level
N — Normal level

Function	Object	Category	Rank	Performance Level
攝影機				
提供動作	動作辨識軟硬體	U	Ax	I
提供動作	遠端監測人員	U	B	E
動作辨識軟硬體				
提供辨識辨識動作	遠端監測人員	U	B	I
RFID標籤				
提供個資	RFID資訊傳遞	U	Ax	E
RFID資訊傳遞				
提供提供個資個資	遠端監測人員	U	B	N
老人資料庫				
提供個資	動作辨識軟硬體	U	Ax	N
提供個資	RFID標籤	U	Ax	N
提供個資	RFID資訊傳遞	U	Ax	N
提供個資	遠端監測人員	U	Ad	N

功能分析(功能模式) cont'd

Function	Object	Category	Rank	Performance Level
老人危險因子資料庫				
提供危險因子	動作辨識軟硬體	U	Ax	N
提供危險因子	RFID資訊傳遞	U	Ax	N
老人(跌倒)				
提供動作	攝影機	U	Ax	N
提供個資	RFID標籤	U	Ax	N
固定	RFID標籤	U	Ax	N
隱私行為				
提供影像	攝影機	H		

Source: S. Ikovenko

表 4-2 爲元間件功能分析，確認元件功能載體（Function Carrier）與功能受體（Function Object）的功能性、有用/有害（Useful/Harmful）與性能層級（N/I/E）。

圖 4-3 爲系統功能分析圖。圖中顯示攝影機除拍攝老人活動影像亦會攝入隱私行爲，對隱私的維護有害，故此功能列爲有害功能。攝影機傳遞給遠端監測人員的影像列爲過度功能。影像經動作辨識軟硬體處理對於跌倒姿態辨識仍有誤判

可能故列爲不足功能。系統規劃老人須佩帶 3 只主動式 RFID 標籤，已辨識老人資訊，故列爲過度功能。此系統功能可分爲影像擷取辨識與 RFID 老人資料辨識及資訊傳送，系統運作流程複雜，應可朝簡化系統元件與提升跌倒辨識度方向改善。

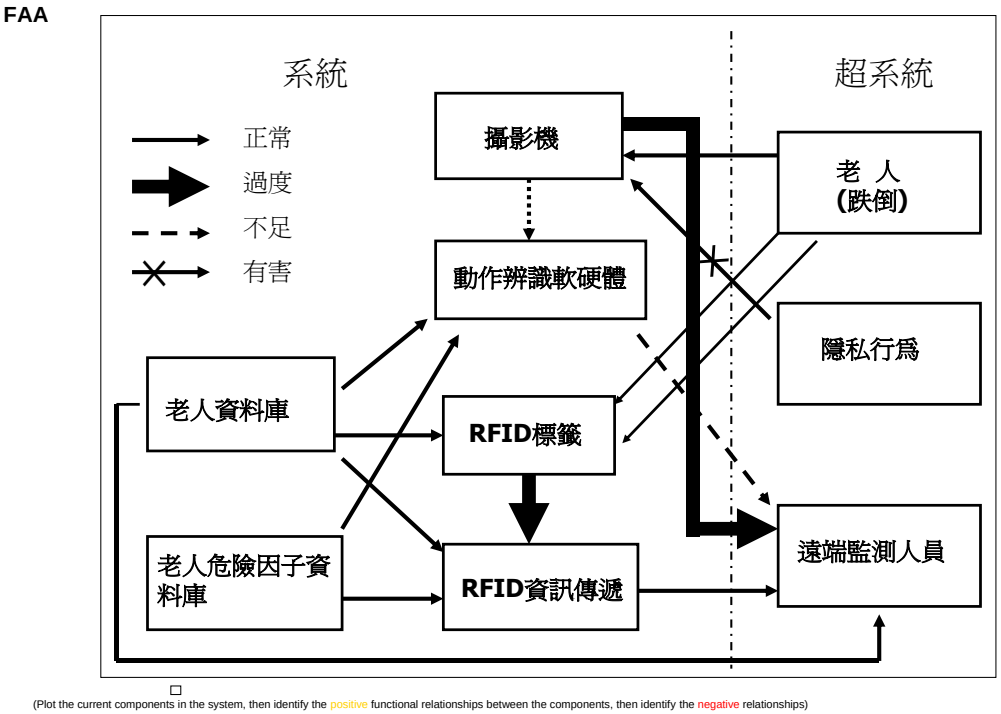


圖 4-3 影像式跌倒偵測系統功能分析圖

本研究採用 TRIZ 分析工具的削減法「Trimming Method」，首先將涉及妨害隱私有害功能的「攝影機」列爲削減對象，削減計畫如表　所示。選擇「E」削減規則，思考能否用新元件達到「提供動作」功能，取代方法爲「用動作偵測元件取代攝影機」，可去除妨害隱私有害功能。

另，在簡化系統元件方面，考慮削減「老人危險因子資料庫」，因採用動作偵測元件量測動作訊號特徵進行跌倒辨識，即無需此一資料庫建置。選擇「B」削減規則，思考能否讓「動作辨識軟硬體」具有「提供動作」功能，取代方法爲「以動作偵測元件偵測動作特徵，由人因工程動作研究制定的跌倒識別準則判定是否跌倒」。

表 4-3 攝影機元件削減計畫（Ａ，Ｘ，Ｂ，Ｃ，Ｅ定義如附錄七）

削剪（Trimming）計畫　　元件：攝影機

功能載體	功能	功能受體	削剪規則	新功能載體	如何削剪	取代方法
攝影機	**提供動作**	**動作辨識軟硬體**	A	無	能否刪除「**動作辨識軟硬體**」？	無法
攝影機	**提供動作**	**動作辨識軟硬體**	X	無	能否移除「**提供動作**」功能？	無法
攝影機	**提供動作**	**動作辨識軟硬體**	B	無	能否讓「**動作辨識軟硬體**」具有「**提供動作**」功能?	無法
攝影機	**提供動作**	**動作辨識軟硬體**	C	無	能否用已有的其他元件達到「**提供動作**」功能?	無法
攝影機	**提供動作**	**動作辨識軟硬體**	E	動作偵測元件	能否用新元件達到「**提供動作**」功能?	用動作偵測元件取代「**攝影機**」

表 4-4 老人危險因子

削剪（Trimming）計畫　　元件：**老人危險因子資料庫**

功能載體	功能	功能受體	削剪規則	新功能載體	削剪的問題	取代方法
危險因子資料庫	提供危險因子	動作辨識軟硬體	A	無	能否刪除「**動作辨識軟硬體**」？	無法
危險因子資料庫	提供危險因子	動作辨識軟硬體	X	無	能否移除「**提供危險因子**」功能?	無法
危險因子資料庫	提供危險因子	動作辨識軟硬體	B	無	能否讓「**動作辨識軟硬體**」具有「**提供危險因子**」功能?	以動作偵測元件偵測動作特徵，由人因工程動作研究制定的跌倒識別準則判定是否跌倒
危險因子資料庫	提供危險因子	動作辨識軟硬體	C	無	能否用已有的其他元件達到「**提供危險因子**」功能?	無法
危險因子資料庫	提供危險因子	動作辨識軟硬體	E	無	能否用新元件達到「**提供危險因子**」功能?	無法

資料庫元件削減計畫

經削減後的系統功能分析圖如圖 4-4、4-5 所示，系統元件與辨識流程已有所簡化。圖 4-5 中以虛線框起的範圍爲「動作偵測元件」與「動作辨識軟硬體」，其中動作偵測元件在既存習知技術有加速規與陀螺儀的應用，若能將「動作偵測元件」與「動作辨識軟硬體」進行功能結合，對系統簡化與降低成本將有助益。

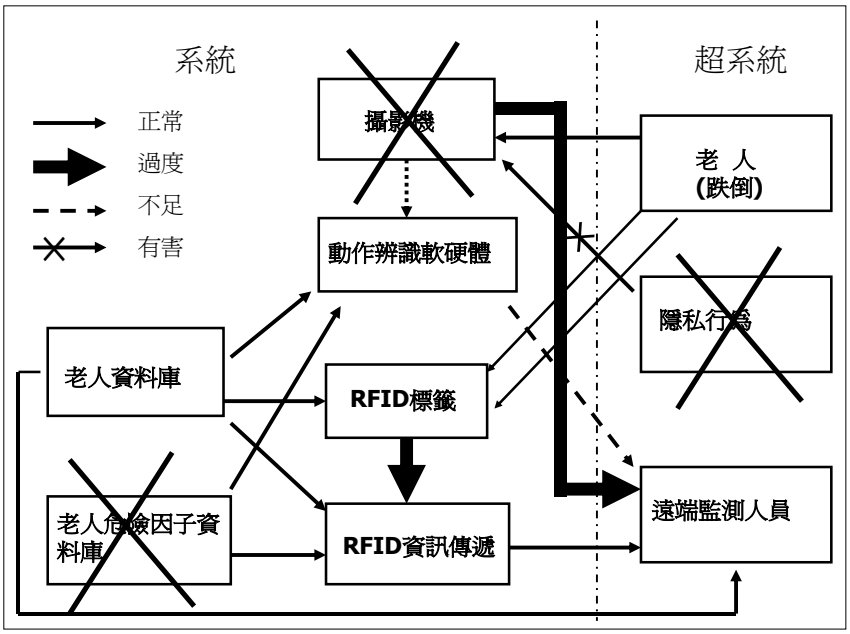


圖 4-4 削減後的系統功能分析圖

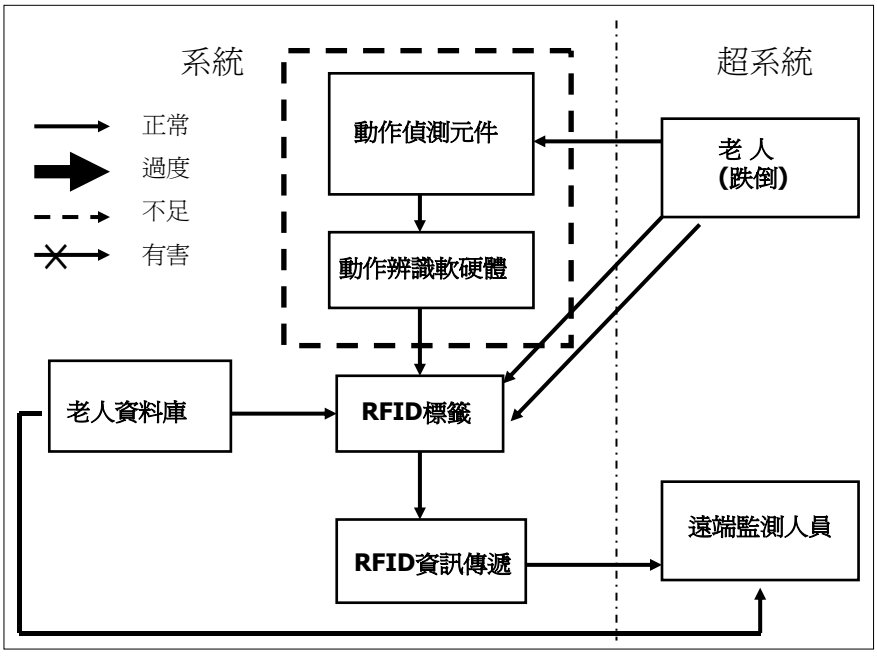


圖 4-5 削減後的系統功能分析圖

4-2 動作偵測 TRIZ 分析

本研究於動作偵測元件決定選用陀螺儀，原因爲除較攝影機便宜、體積小外，另依人體跌倒姿態具有圓弧形運動特徵，陀螺儀專用於角速量測，應可符合實驗需要。分析陀螺儀在量測跌倒性能的適用性，可以 TRIZ 功能分析探討其功能性。如表 4-5 所示爲以陀螺儀爲感測元件的跌倒偵測系統元件模型，將「人」與「警示」列爲超系統元件。

表 4-5 跌倒偵測系統元件模型（陀螺儀）

Function Analysis (Component Model)

Engineering System: 跌倒偵測系統 **Main Function:偵測跌倒發生警示**

Engineering System Components	Supersystem Components
陀螺儀	人
89S51單晶片電路	**警示**
七節顯示器	
控制程式	
AD0804晶片電路	
繼電器	

Source: S. Ikovenko

表 4-6 元件交互作用矩陣（陀螺儀）

System: **Interaction Matrix** +: interact -: No relation

From-To	陀螺儀	89S51單晶片電路	七節顯示器	控制程式	AD0804晶片電路	繼電器	人	警示
陀螺儀		+	−	−	−	−	+	−
89S51單晶片電路	+		−	+	+	+	−	−
七節顯示器	−	−		−	+	−	−	−
控制程式	−	+	−		−	−	−	−
AD0804晶片電路	−	+	+	−		−	−	−
繼電器	−	+	−	−	−		−	+
人	+	−	−	−	−	−		−
警示	−	−	−	−	−	+	−	

Source: S. Ikovenko

如表 4-6 所示爲元件交互作用矩陣，顯示各元件間的作用關係。如表 4-7 所示爲元件功能分析，確認元件爲功能載體或爲功能受體，並進一步確認元件間的功能屬性。

表 4-7 元件功能分析（陀螺儀）

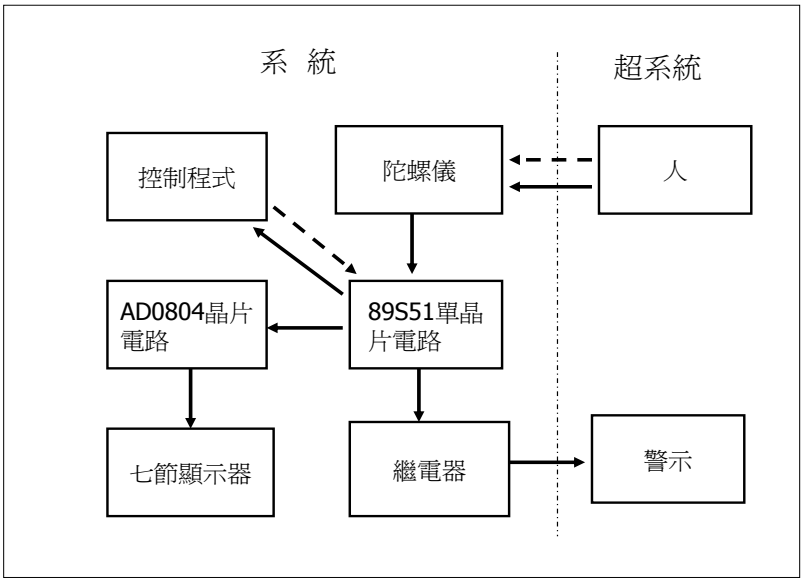
System:

U — Useful function
H — Harmful function
Rank: B — Basic function
Ax — Auxiliary function
Ad — Additional function

Performance level: (U)
I — Insufficient level
E — Excessive level
N — Normal level

Function	Object	Category	Rank	Performance Level
陀螺儀				
傳訊號	89S51單晶片電路	U	Ax	N
89S51單晶片電路				
傳訊號	控制程式	U	Ax	N
傳訊號	AD0804晶片電路	U	Ax	N
驅動	繼電器	U	Ax	N
控制程式				
控制	89S51單晶片電路	U	Ax	I
AD0804晶片電路				
傳訊號	七節顯示器	U	Ax	N
繼電器				
驅動	警示	U	B	N
人				
動作	陀螺儀	U	Ax	I
配戴	陀螺儀	U	Ax	N

如圖 4-6 所示爲系統功能分析圖，圖中顯示人傳遞給陀螺儀的角位移訊號與控制程式鑑別跌倒特徵標準皆有功能不足，導致習用陀螺儀跌倒偵測系統有辨識跌倒狀態失準的問題。



(Plot the current components in the system, then identify the positive functional relationships between the components, then identify the negative relationships)

圖 4-6 系統功能分析圖（陀螺儀）

表 4-8 矛盾矩陣（陀螺儀）

惡化 改善	參數 28 量測精確度
參數 33 使用方便性	原理 25:自助原理 以系統的主要功能或操作,同步執行相關的功能或操作
	原理 13 :反向操作原理 不用直接的解決方法， 反其道而行
	原理 2:分離原理： **從一物體分離出想要（有利）的部份或屬性。** **應用：** **分離出有害或有用的性質**
	原理 34 :拋棄與再生元件原理： **動作中將已消耗或退化的零件，恢復其功能或形狀。** **應用：** **從系統中回復某些東西，提供再度使用**

如表 4-8 所示運用 TRIZ 矛盾矩陣尋求可應用的科學原理【9】,原系統之改善工程參數爲 33，陀螺儀增加使用的方便性，惡化工程參數爲 28，量測精確度降低。相對應的科學原理有：25（自助原理）、13（反向操作原理）、2（分離原理）、34（拋棄與再生元件原理）；其中應用原理 2 將陀螺儀量測的跌倒角速度訊號分離出具有辨識跌倒的訊號特徵，應用原理 34 重新思考陀螺儀量測的跌倒角速度訊號未被分析與重視的反彈波形,由人因工程解析人體運動與碰撞的身體特徵將可有助於對跌倒角速度訊號的物理意涵有更深入瞭解。

第五章　系統整合

5-1 跌倒偵測感測器

一、電路圖

(一)跌倒訊號模組(如圖 5-1 所示)

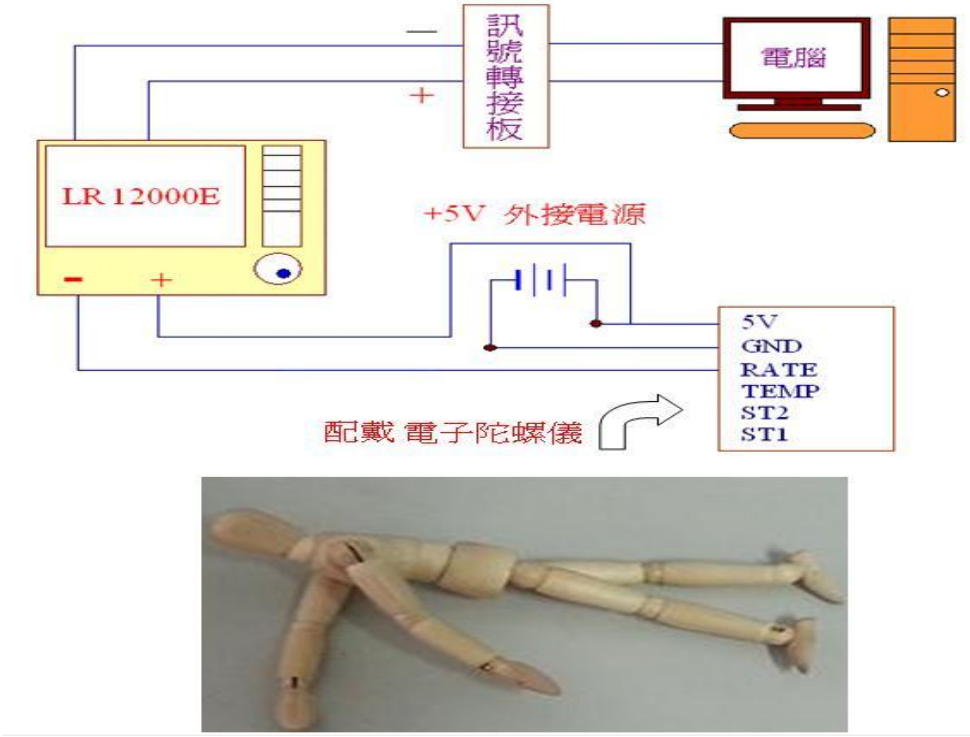


圖 5-1 跌倒訊號模組

1、陀螺儀產生角速度信號時，經過 RATE(速率信號)送出，傳到 LR12000E 記錄儀器的正負端，當有訊號送入，筆針會開始移動，藉由高低峰波以及電壓（物理量爲角速度）來顯示跌倒的情況。

2、進行人體跌倒數據蒐集與分析的實驗量測系統規劃，陀螺儀配戴在模特兒的肢體端部，進行跌倒模擬實驗時無需與單晶片控制電路板連接再一起，信號由記錄儀器的後端正負腳，透過訊號轉接板連接到電腦上，以記錄電壓大小、振幅與頻率分析人體動作，取值率（Sampling Rate）設定爲 1000 samples/sec，以圖形分析各類跌倒模式之間的差異性，減少誤判的情況發生。

(二) 單晶片控制電路板 (如圖 5-2 所示)

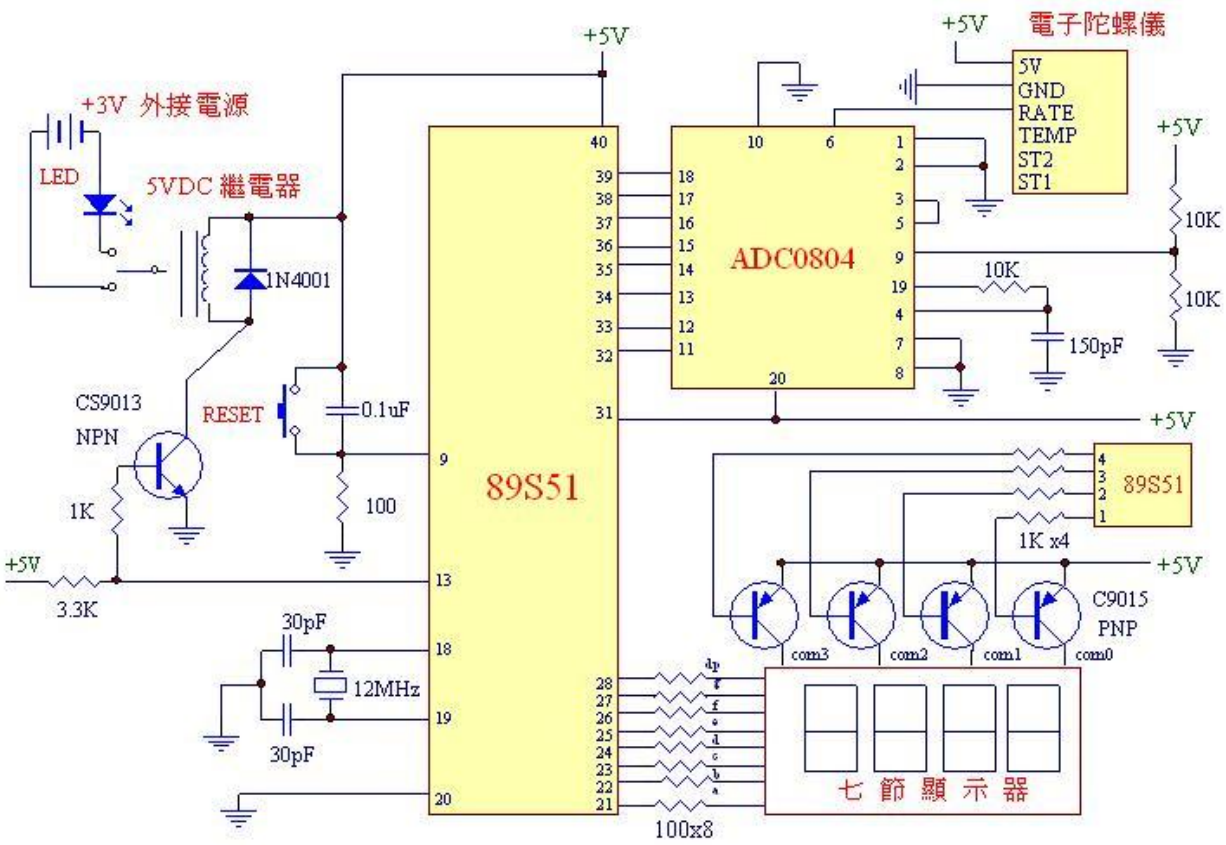


圖 5-2 單晶片控制電路板

陀螺儀產生角速度信號時，經過 RATE(速率信號)送出，傳到 ADC0804 的第 6 支接腳，由 89S51 送一個開始轉換的信號給 ADC0804，在等待 ADC0804 傳回已完成轉換的信號，即可讀入電壓資料，並顯示在七節顯示器上面。89S51 程式碼標準內編輯電壓爲 3V，當電壓未達到設定標準上限時，繼電器呈現 ON 狀態，LED 燈則不亮，當電壓超過標準上限時，繼電器呈現 OFF 狀態，LED 燈則亮，代表老年人已經發生跌倒狀況。

二、實體電路

(一)利用單晶片控制電路內部程式控制，陀螺儀所偵測信號將與程式內所設定的跌倒狀態識別標準比較，驅逐 LED 燈顯示跌倒狀態，未發生跌倒狀況的情形，LED 燈是暗的如圖 5-3 所示。

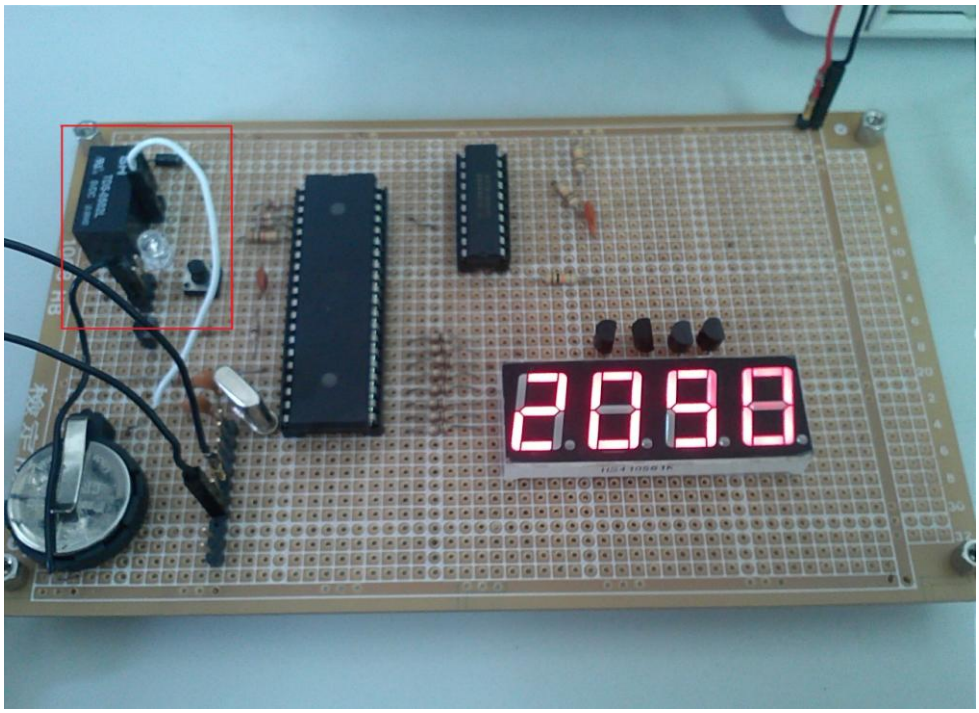


圖 5-3 電路板 LED 燈未亮

(二)發生跌倒的情形，LED 燈是亮的。(如圖 5-4 所示)

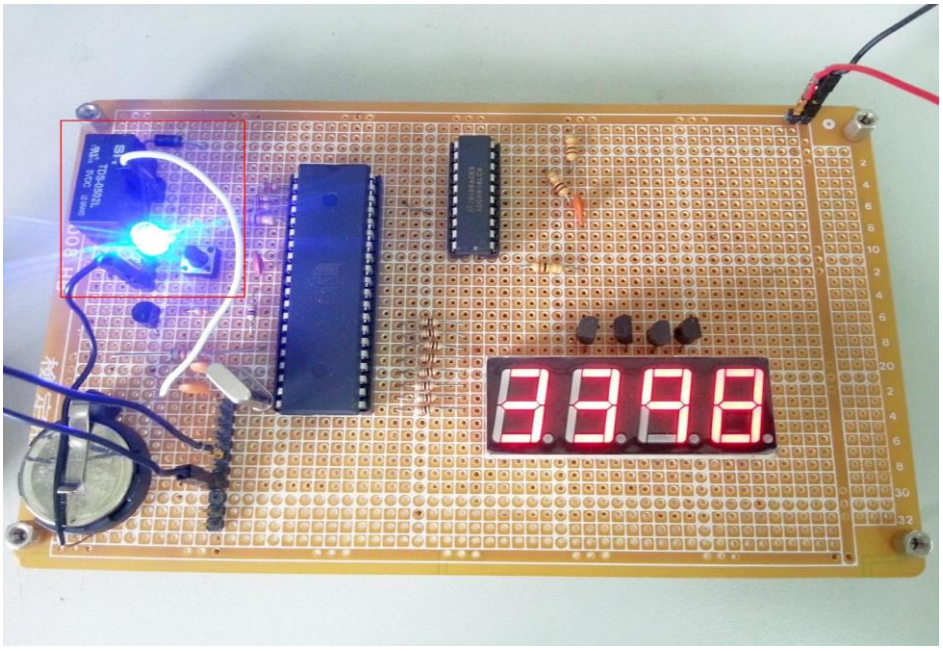


圖 5-4 電路板 LED 亮燈

(三)陀螺儀連接部份 (如圖 5-5 所示)

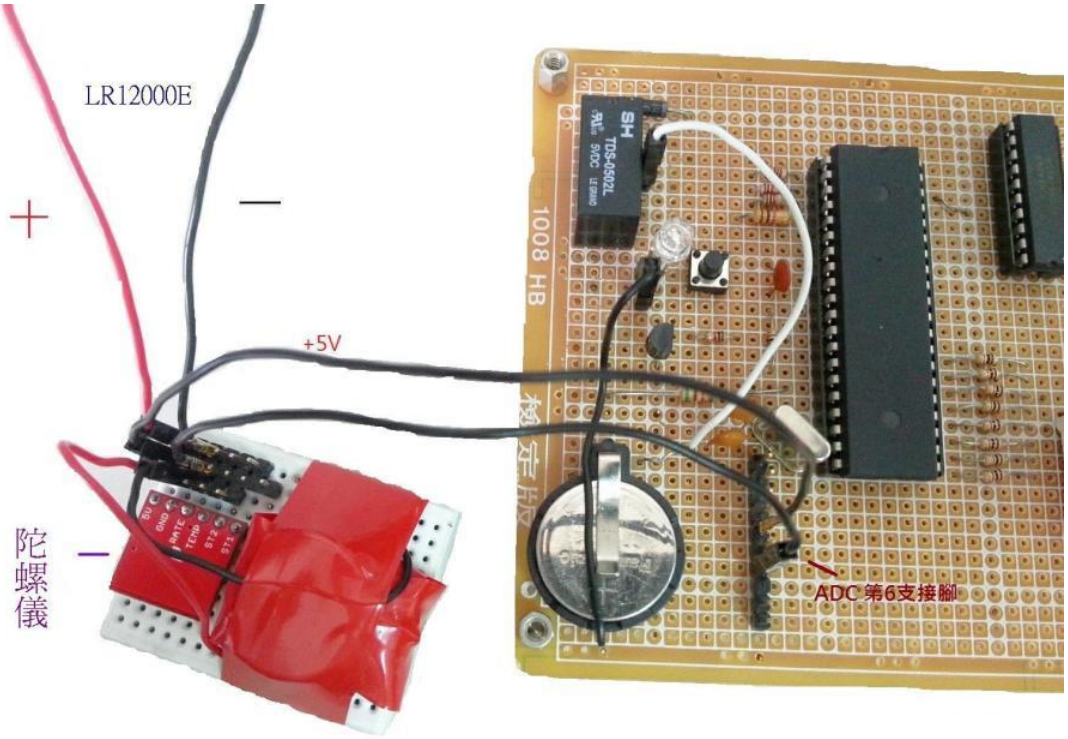


圖 5-5 陀螺儀連接部份

(四) 訊號送入 LR12000E 記錄儀器，筆針記錄情形 (如圖 5-6 所示)

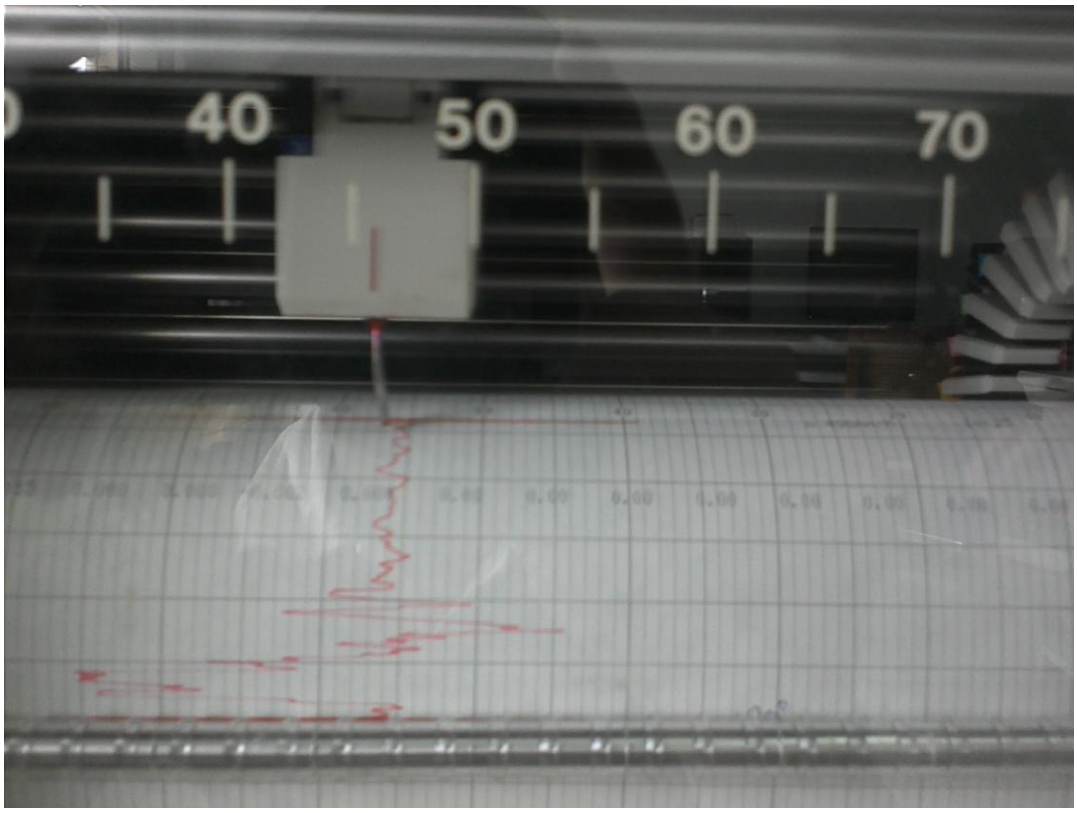


圖 5-6 記錄器運作

(五)記錄儀器的後端，連接訊號轉接板(附錄三)，在透過 PCI-1710HG/HGL 訊號擷取卡傳送到電腦，將訊號產生一連串的數值，進行取值的動作如圖 5-7。

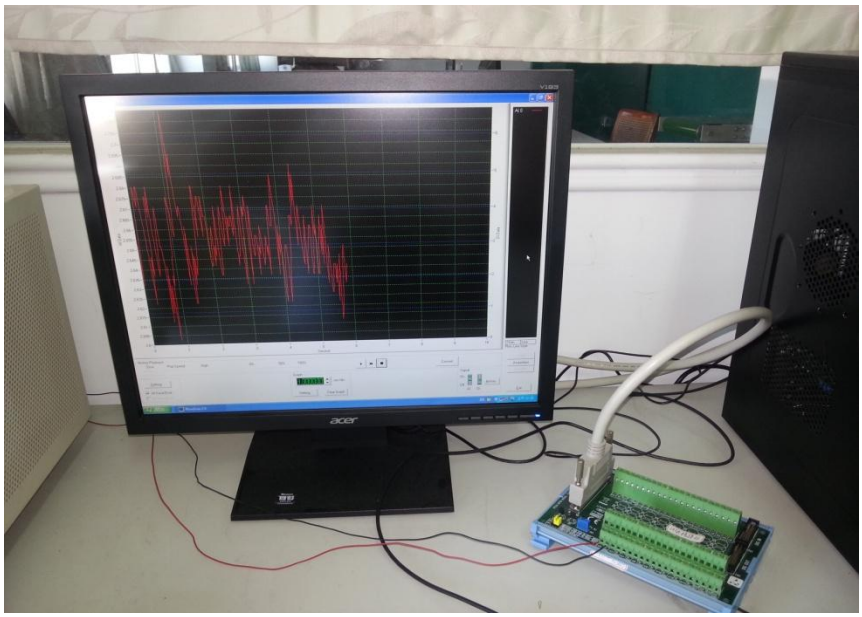


圖 5-7 訊號轉接板

(六)陀螺儀送出角速度訊號，透過 Wave Scan 2.0 軟體，取值率設定爲 1000 samples/sec 筆資料進行分析。如圖 5-8 所示 X 軸是時間(S)，Y 軸是電壓大小(V)。

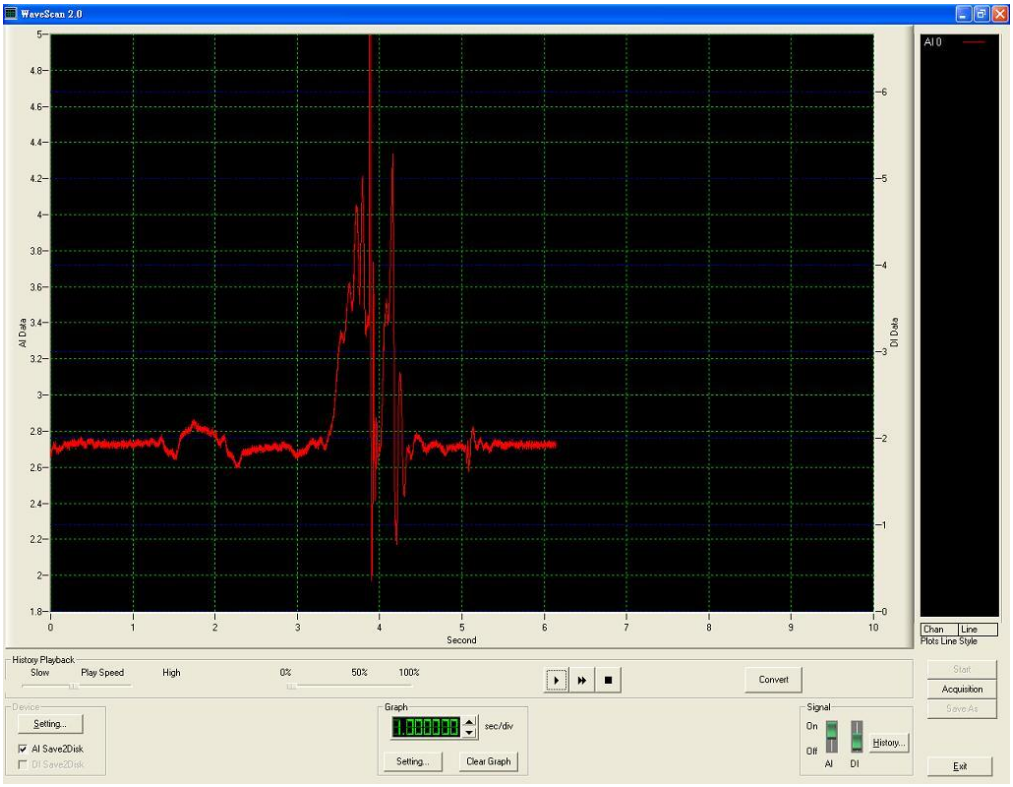
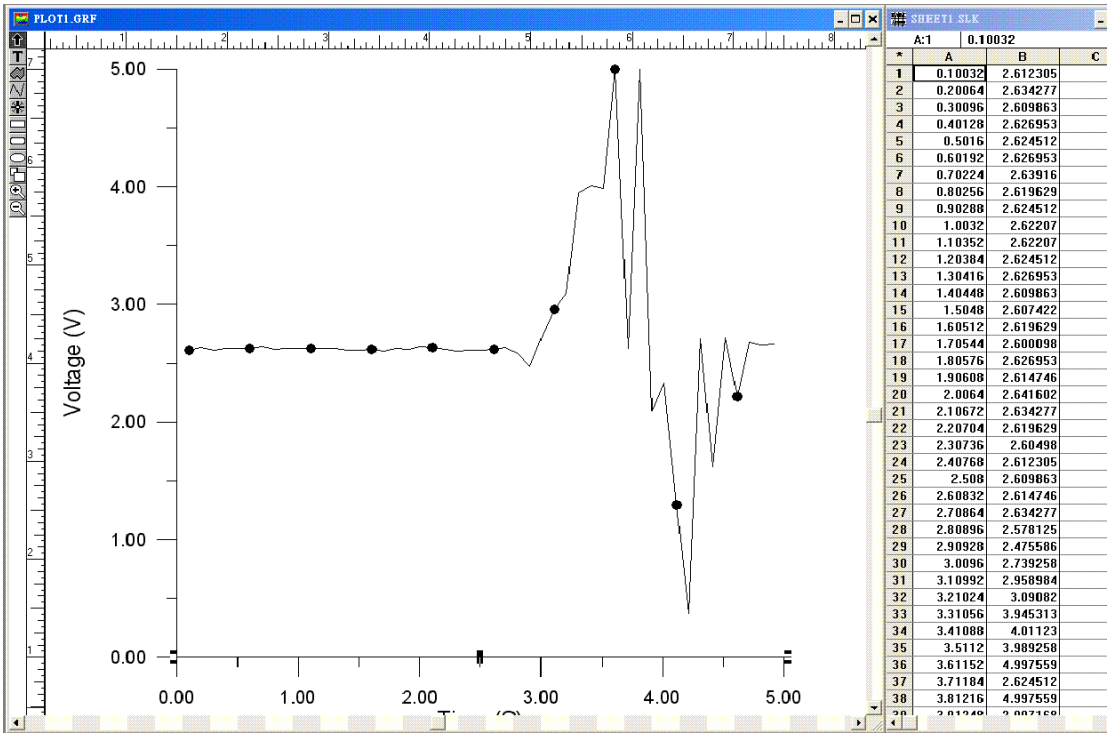


圖 5-8 Wave Scan 2.0 取值訊號軟體

(七) Wave Scan 2.0 轉成 Excel 檔，利用 Grapher 軟體，一連串的數值以圖形的方式，分析人體跌倒之間的差異性 。如圖 5-9)X 軸是時間(S)，Y 軸是電壓大小(V)。



*	A	B	C
1	0.10032	2.612305	
2	0.20064	2.634277	
3	0.30096	2.609863	
4	0.40128	2.626953	
5	0.5016	2.624512	
6	0.60192	2.626953	
7	0.70224	2.63916	
8	0.80256	2.619629	
9	0.90288	2.624512	
10	1.0032	2.62207	
11	1.10352	2.62207	
12	1.20384	2.624512	
13	1.30416	2.626953	
14	1.40448	2.609863	
15	1.5048	2.607422	
16	1.60512	2.619629	
17	1.70544	2.600098	
18	1.80576	2.626953	
19	1.90608	2.614746	
20	2.0064	2.641602	
21	2.10672	2.634277	
22	2.20704	2.619629	
23	2.30736	2.60498	
24	2.40768	2.612305	
25	2.508	2.609863	
26	2.60832	2.614746	
27	2.70864	2.634277	
28	2.80896	2.578125	
29	2.90928	2.475586	
30	3.0096	2.739258	
31	3.10992	2.958984	
32	3.21024	3.09082	
33	3.31056	3.945313	
34	3.41088	4.01123	
35	3.5112	3.989258	
36	3.61152	4.997559	
37	3.71184	2.624512	
38	3.81216	4.997559	

圖 5-9 Grapher 圖形軟體

5-2 跌倒偵測流程

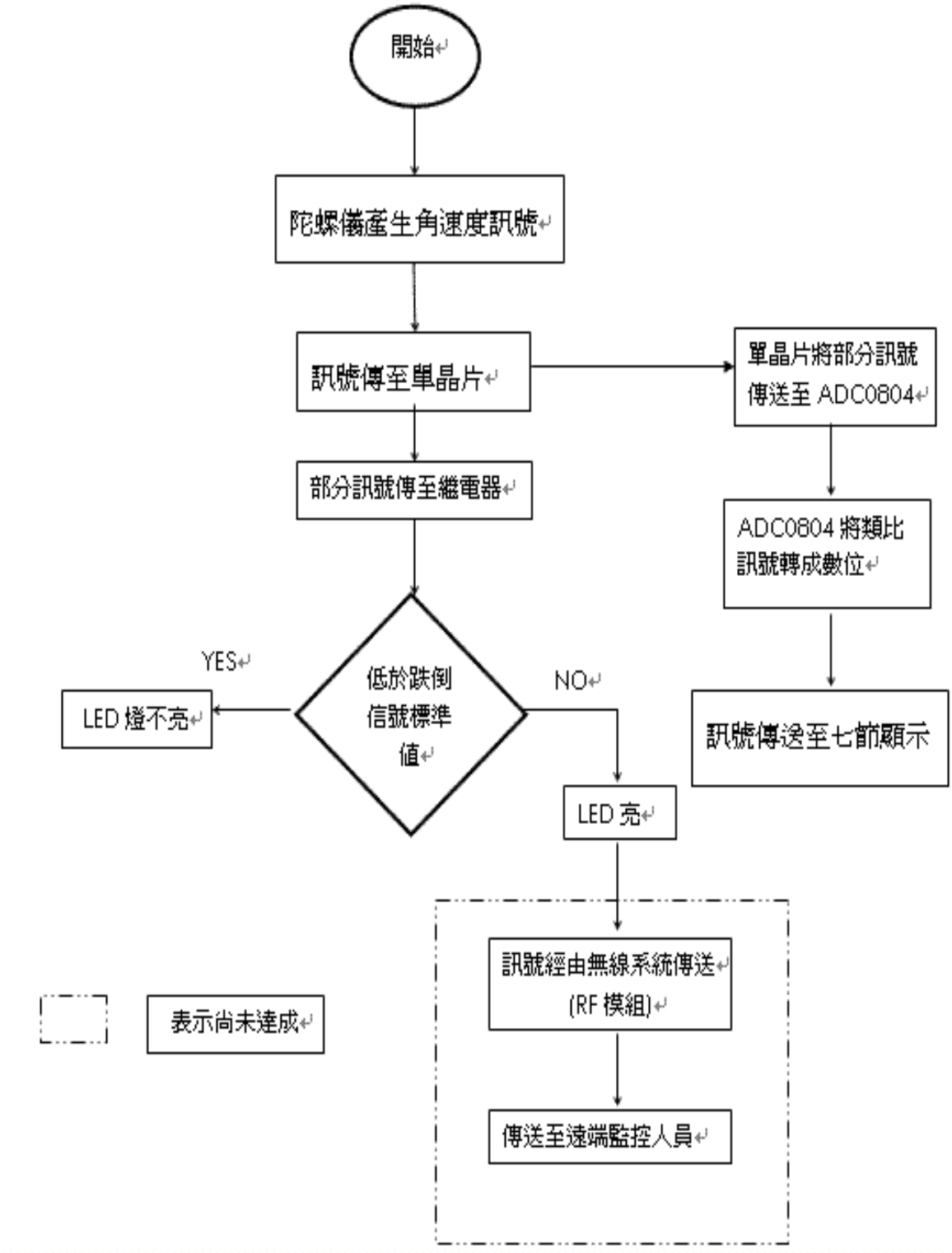


圖 5-10 跌倒偵測流程

透過陀螺儀來測量角速度，在人跌倒時，會產生角速度訊號。陀螺儀產生信號後，會先送到單晶片 89S51，89S51 在傳送部份訊號到 ADC0804 的第 6 支接腳，ADC0804 負責將類比訊號轉成數位訊號，在等待 ADC0804 傳回已完成轉換的信號，即可讀入電壓資料，並顯示在七節顯示器上面。當電壓未達到設定標準上限時，繼電器呈現 ON 狀態，LED 燈則不亮，當電壓超過標準上限時，繼電器呈現 OFF 狀態，LED 燈則亮，代表老年人已經發生跌倒狀況。未來導入信號無線傳輸技術,跌倒訊號會經由無線系統（RF 模組或 RFID 模組）傳送至遠端監控人員。

第六章 結果與討論

6-1 動作分析結果

一、動作分析（如表 6-1 所示）

表 6-1 動作姿勢及特徵分析

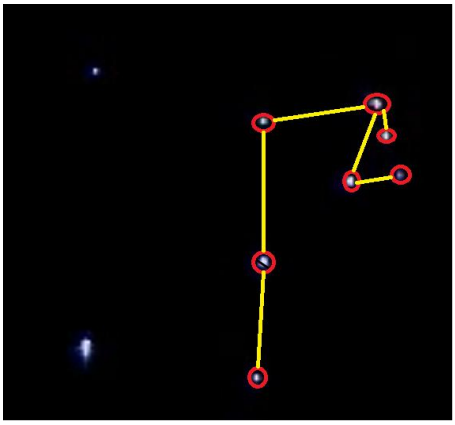
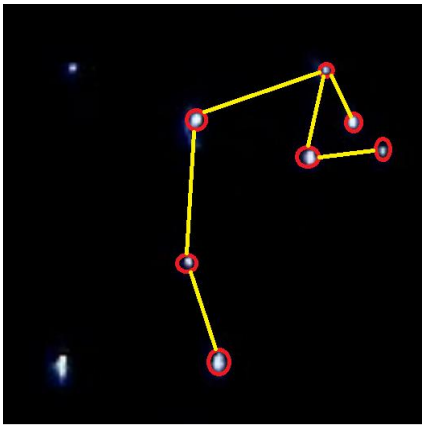
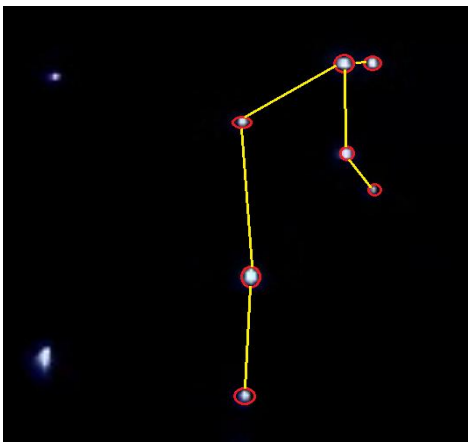
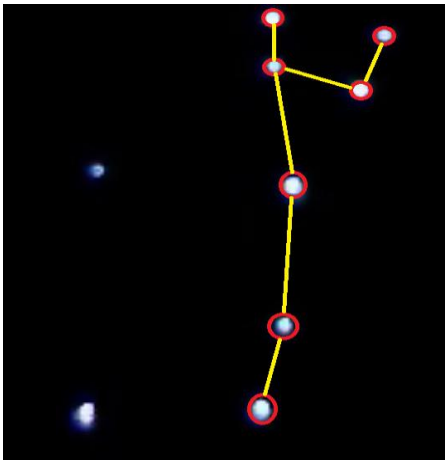
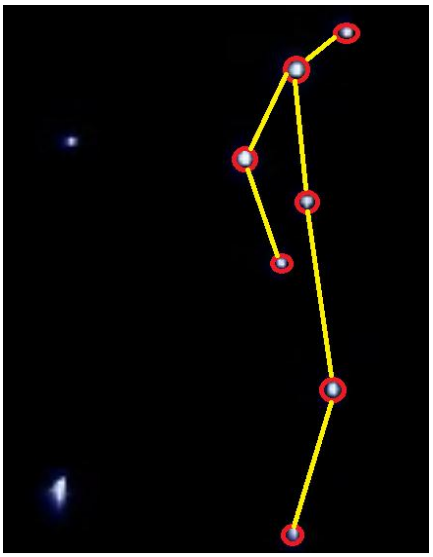
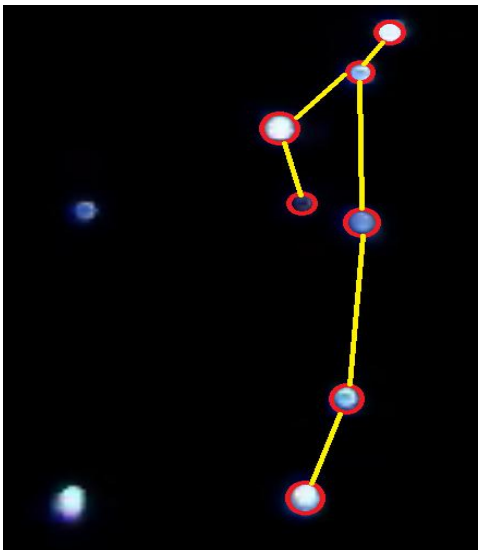
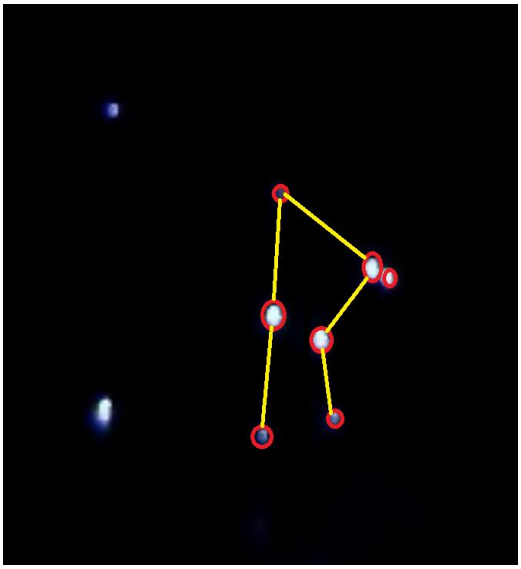
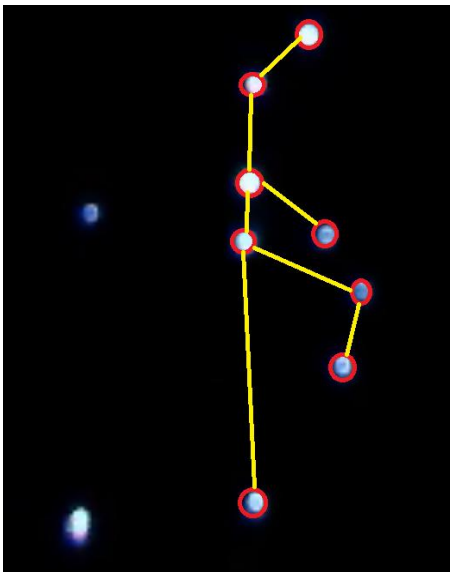
<table>
<tr><td colspan="2">清洗頭部</td></tr>
<tr><td>老人</td><td>年輕人</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">年輕人彎腰洗頭時，爲了保持身體平衡，膝關節產生向後彎曲外展；而老年人因膝關節退化而無法產生外展彎曲，而讓膝關節些微向前內展彎曲，降低重心位置，但身體重心大幅度向前，故有高機率跌倒產生。</td></tr>
<tr><td colspan="2">清洗手部</td></tr>
<tr><td>老人</td><td>年輕人</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">年輕人在清洗手部時，顯示動作爲脊椎向上伸直，些微外展彎曲，此時重心位置向上抬移，達到平衡狀態；老年人採彎腰洗手方式，此時重心向下降低，讓身體達到平衡，但重心有向前傾斜，產生跌倒的機率提高。</td></tr>
</table>

表 6-1 動作姿勢及特徵分析(續)

清洗臀部、腰部	
老人	年輕人
	
年輕人在清洗背部、臀部時，脊椎向上伸直，手部往後旋前肌作上下清洗動作；老年人清洗背部、臀部時，膝關節彎曲內展，保持平衡，由於手肘關節與旋前肌退化，導致老年人無法針對背、臀部作手部大幅度彎曲與伸展。	
清洗腿部	
老人	年輕人
	
年輕人在清洗腿部時，採抬腳方式作清洗，腿部稍微向內傾斜，保持身體平衡；老年人在清洗腿部時，由於膝關節無法作大幅度彎曲動作，故採大幅度彎腰動作以方便清洗，但此動作產生大量的重心偏移，又因腿部肌力退化無法有足夠力氣支撐，導致老人有向前跌倒之高風險產生。	

二、經測量結果，得出各洗澡動作姿勢與角度的差異性如表 6-2、6-3 所示

表 6-2 年輕人各部位動作角度

年輕人						
	頭	上臂	下臂	脊椎	大腿	小腿
洗腰、臀部	35°	40°	165°	177.5°	4°	18°
洗大腿	47°	176.5°	127°	176.5°	114° /176.5°	13°
洗頭	154°	13°	84°	72°	5°	162°
洗手	0°	108.5°	20°	172°	4°	13°

表 6-3 老年人各部位動作角度

老年人						
	頭	上臂	下臂	脊椎	大腿	小腿
洗腰、臀部	51°	27°	160°	172°	171°	197°
洗大腿	125°	39°	169°	125°	5°	5°
洗頭	174°	201°	81°	82°	3°	3°
洗手	85°	177.5°	144°	58°	176°	4°

正常的年輕人在各個實驗動作中，肌力與各關節皆可正常的作動，並無明顯不適；但在老年人在清洗各部位時，肌力與骨頭關節因隨著年紀之生長而老化，動作均有所限制，例如在彎腰請洗頭部時，兩者皆產生了重心向前偏移的現象，年輕人有足夠的腳部肌力來緊抓地面，以避免產生重心不穩、跌倒之情況發生；相對的，老年人因腳部抓地力不足，重心傾斜不穩，而導致跌倒機率大幅提升。

老年人於清洗各部位時，會下意識的去選擇保護自己避免受傷，又可便於清洗的動作，但往往都會受限於身體肌力與關節的活動度，其中特別觀察到老年人因膝蓋關節僵硬，無法如年輕人在特定姿勢下爲保持平衡，可自然彎曲身體各部位關節。以模特兒來進行模擬老年人動作，藉以預測老年人跌倒之訊號與特徵，以提供遠端監測人員迅速反應，縮短搶救時間。

6-2 跌倒模式分析

一、跌倒模式

（一）跌倒模式量測類別：

1、人體手部自由擺動，拍打或觸碰人或物品，辨別跌倒與非跌倒的手部擺動之差異性。

2、模特兒跌倒，改變手部方位，驗證實驗重複性，特定動作的訊號強弱。

3、模特兒模擬洗澡姿勢跌倒。

4、人體測驗，找出模特兒跌倒跟人體跌倒之間的相似性。

（二）、動作受意識控制分類：

1、在預知情形發生，手部因受到意識控制情況下，擺動會受到肌肉群抑制。

2、人體不受意識控制情況下，身體與肌肉無法控制，導致手部會自由擺動。

（三）反彈波：

1、模特兒跌倒所造成的反彈力量，會比人體來的還要大，所造成反彈波也會比較多。

2、人體跌倒反彈有一部份會被地面所吸收，比硬性材質還要小，反彈波相對也比較少。

二、人體手部自由擺動

（一）拍打肩膀模式（如圖 6-1、6-2 所示）

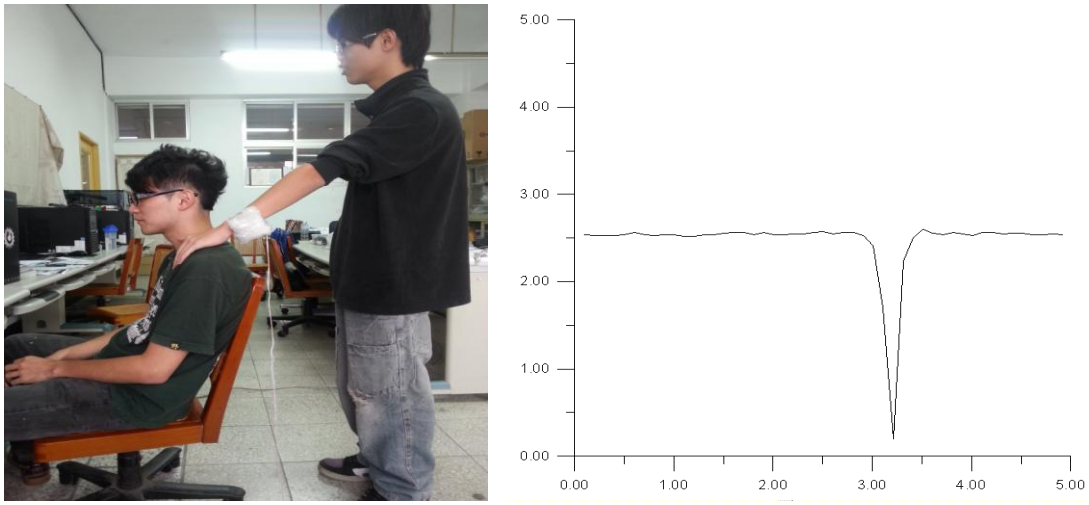


圖 6-１、6-2 拍打肩膀模式與波形

手部從一定的高度落下，拍打肩膀，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。

（二）垂直手部撞擊模式（如圖 6-3、6- 4 所示）

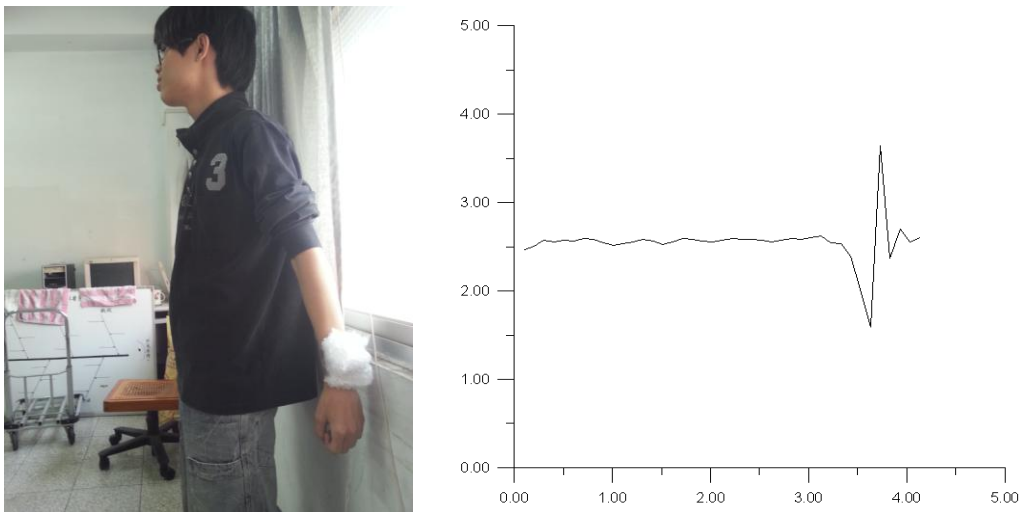


圖 6-3、6- 4 垂直手部撞擊模式與波形

作手部與地面之垂直擺動，手部不受控制情況下，隨意擺動手部撞擊物體（此圖範例爲手部撞擊牆壁），產生一個明顯波谷與相對稱的反彈波。

（三）手部撞擊桌面模式（如圖 6-5、6-6、6-7、6-8 所示）

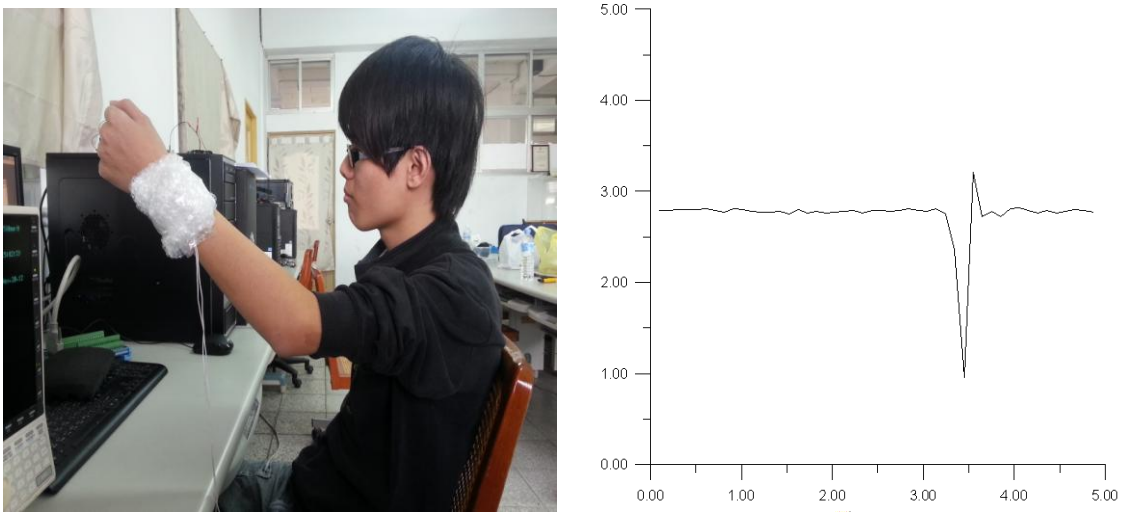


圖 6-5、6-6 手部撞擊桌面模式與波形

手部受控制情況下，懸空向下撞擊桌面，產生一個波谷，而且有出現稍微往上反彈峰頂之產生，此碰撞動作特徵爲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。

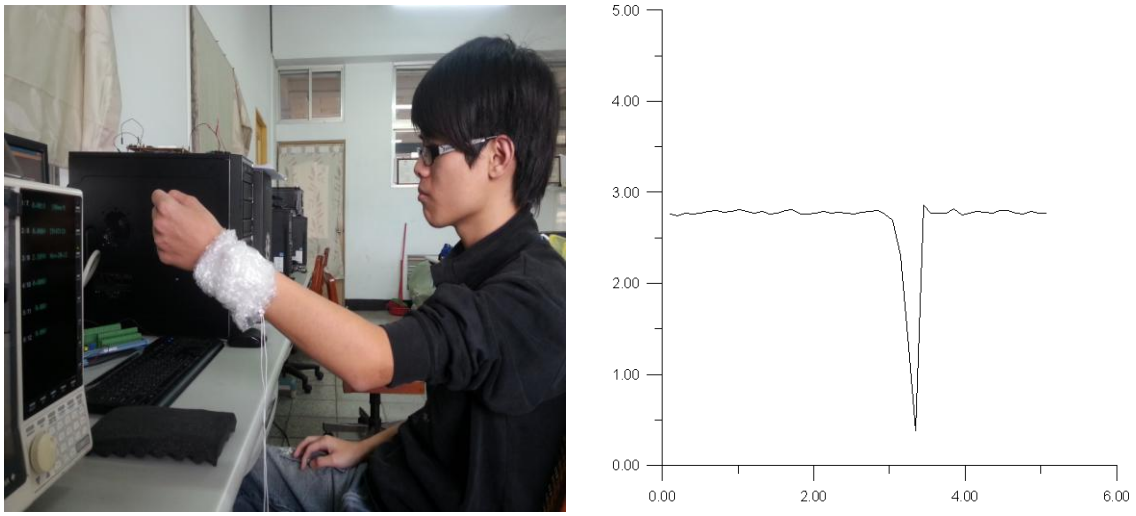


圖 6-7、6-8 手部撞擊桌面軟墊軟模式與波形

桌面撞擊時，增加一個軟墊，受控制情形下，手部懸空向下撞擊桌面，因部分作用力被軟墊所吸收，故只產生一個波谷，而沒有明顯的反彈波產生。

三、不受控制影響方向跌倒

（一）模特兒手部向上往前、往後跌倒（如圖 6-9、6-10 所示）

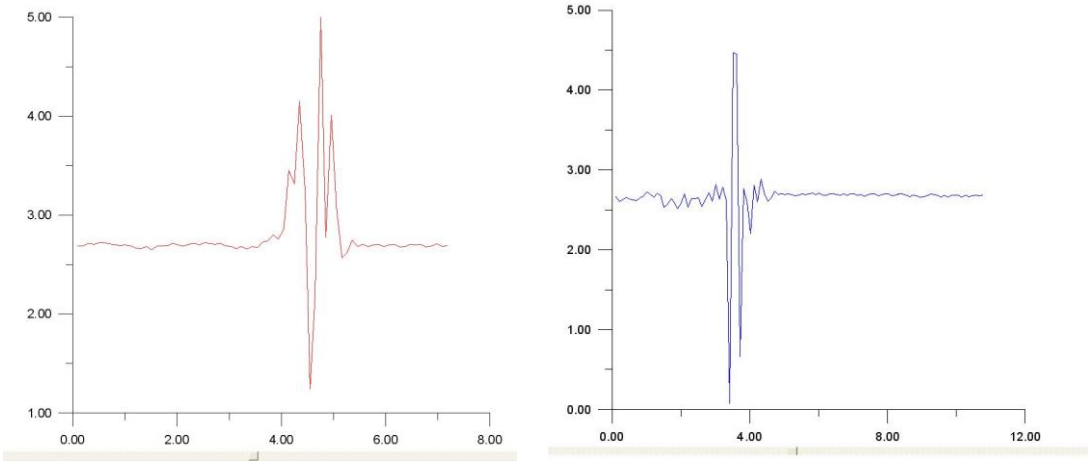


圖 6-9、6-10　手部向上往前、往後跌倒

模特兒手部向上，身體往前後方向推跌倒，由此兩圖明顯發現，一個先產生峰值再跌落波谷，之後連續反彈波，另一個則是相反，先跌落波谷，之後連續反彈波，故此現象符合物理現象，兩圖產生出波峰波谷有重複性，卻方向相反現象。

（二）模特兒手部向下往前、往後跌倒（如圖 6-11、6-12 所示）

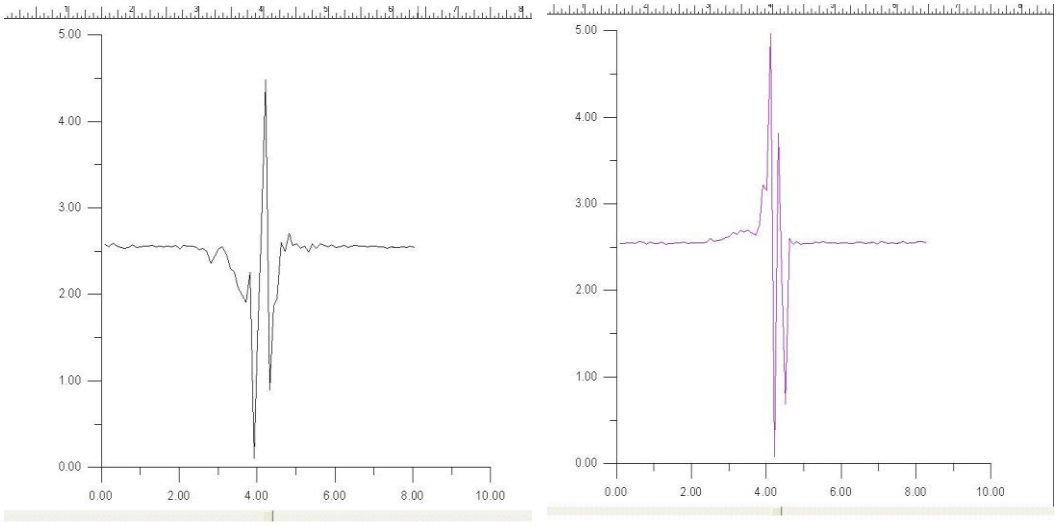


圖 6-11、6-12 手部向下往前、往後跌倒

模特兒沒有擺任何姿勢，往前後方向推跌倒，由此兩圖發現，波形相似但方向相反。

（三）模特兒手部伸直往前、往後跌倒（如圖 6-13、6-14 所示）

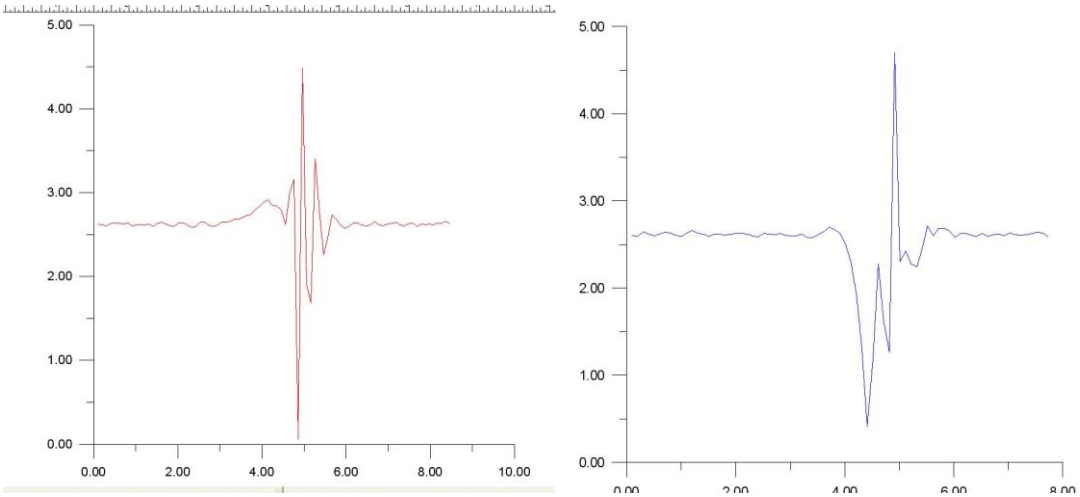


圖 6-13、6-14 手部伸直往前、往後跌倒

模特兒手部伸直，往前後方向推跌倒，由此兩圖發現，第一張圖，一開始手部先撞擊至地面產生第一個波峰，後身體撞擊至地面產生第二個波峰，之後產生反彈波與餘波；另一張產生兩個比較平滑的波谷，隨後產生反彈波。

（四）模特兒手部水平 180 度往前、往後跌倒（如圖 6-15、6-16 所示）

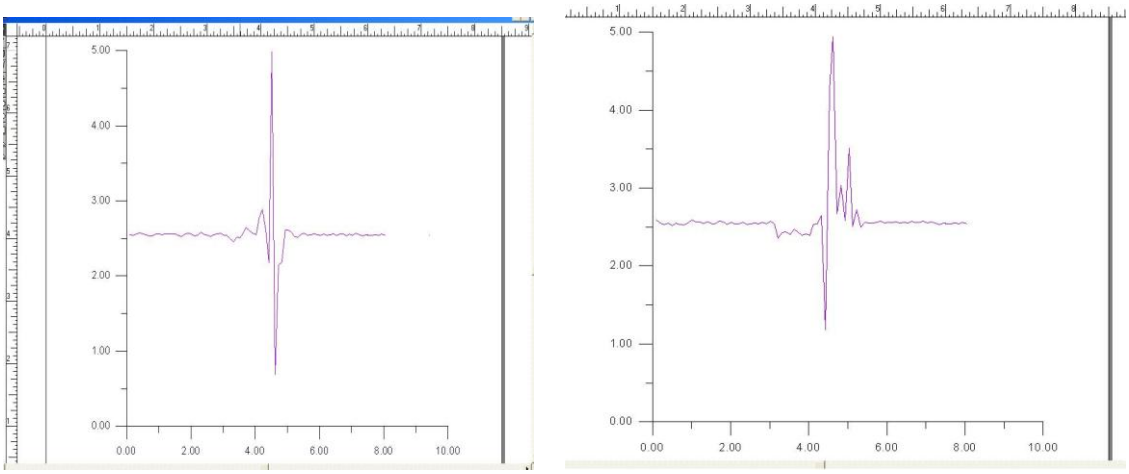


圖 6-15、6-16 手部水平 180 度往前、往後跌倒

模特兒手部呈水平狀態，往前後方向推跌倒，由此兩圖發現，第一個產生劇烈的峰頂，反彈之後，沒有出現反彈波，另一個跌落波谷之後，往上衝到峰頂，之後反彈出現連續比較小的反彈波。兩圖產生出波峰波谷有重複性，卻方向相反現象。

四、洗澡姿勢跌倒

（一）洗腰、臀部姿勢（如圖 6-17、6-18 所示）



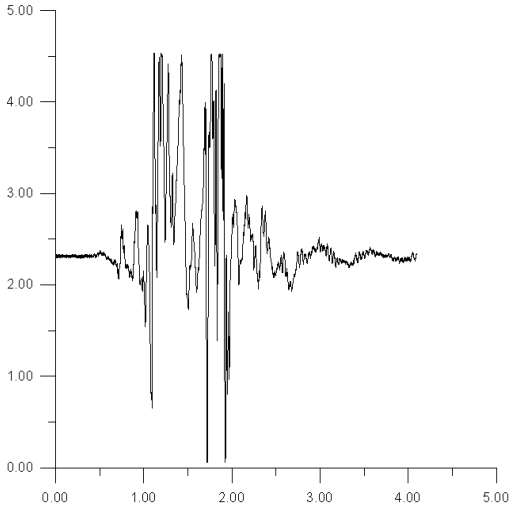


圖 6-17、6-18 洗腰、臀部姿勢

模特兒擺出洗腰、臀部動作，向前跌倒撞擊時，腳部先著地，距離地面很近，會出現較小的波谷，軀幹、頭部、手部重力向下壓，使波峰再次往上提升，最後出現連續的反彈波。

（二）洗手姿勢（如圖 6-19、6- 20 所示）



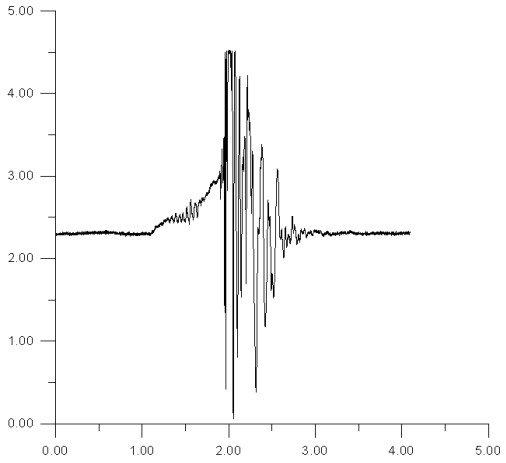


圖 6-19、6- 20 洗手姿勢

模特兒擺出洗手動作，向前跌倒撞擊，身體往前傾倒時，手部會先著地，會出現手部支撐，軀幹重力向下壓，造成手部支撐力不足，故下壓時產生第二次的加速度，使的波峰再次往上提升，最後物體出現反彈波。

（三）洗頭姿勢（如圖 6-21、6-22 所示）



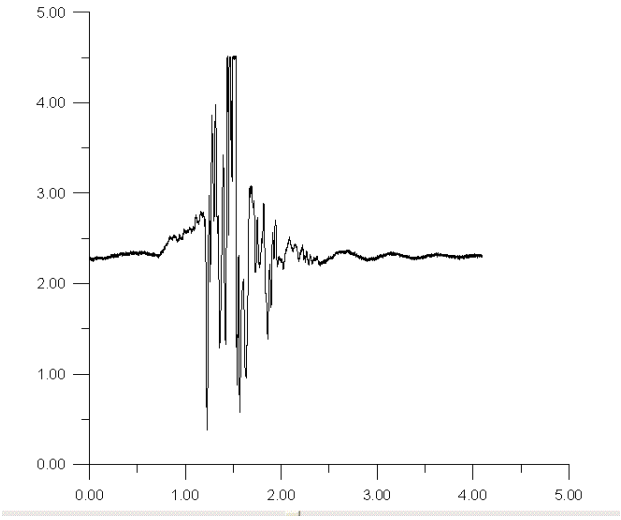


圖 6-21、6-22 洗頭姿勢

模特兒擺出洗頭動作，身體往前傾倒時，手部會先著地，會出現第一個較高的波谷，後頭部撞擊地面時，產生第二個峰值小於上一個峰值，最後軀幹重力向下壓，造成手部往前推擠下壓，使波峰再次往上提升，產生第三次的最高波峰值，最後出現反彈波。因此，洗頭跟洗手均有類似情況發生

（四）洗腳姿勢（如圖 6-23、6-24 所示）



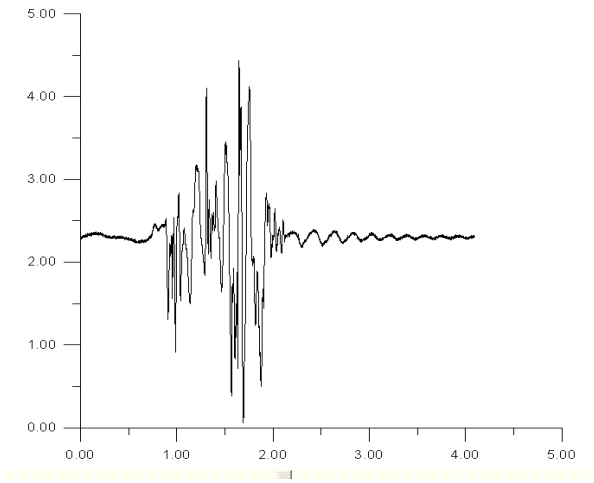


圖 6-23、6-24 洗腳姿勢

模特兒擺出洗腳動作，身體往前傾倒時，手部會先著地，會出現較短的波谷，頭部撞擊地面時，產生連續高波峰值，軀幹、腳部重力向下壓，造成手部往前推擠下壓，產生第二次的反彈波峰值，最後出現反彈波。

五、實體人體測驗模式

（一）手部抬高模式（如圖 6-25、6-26 所示）

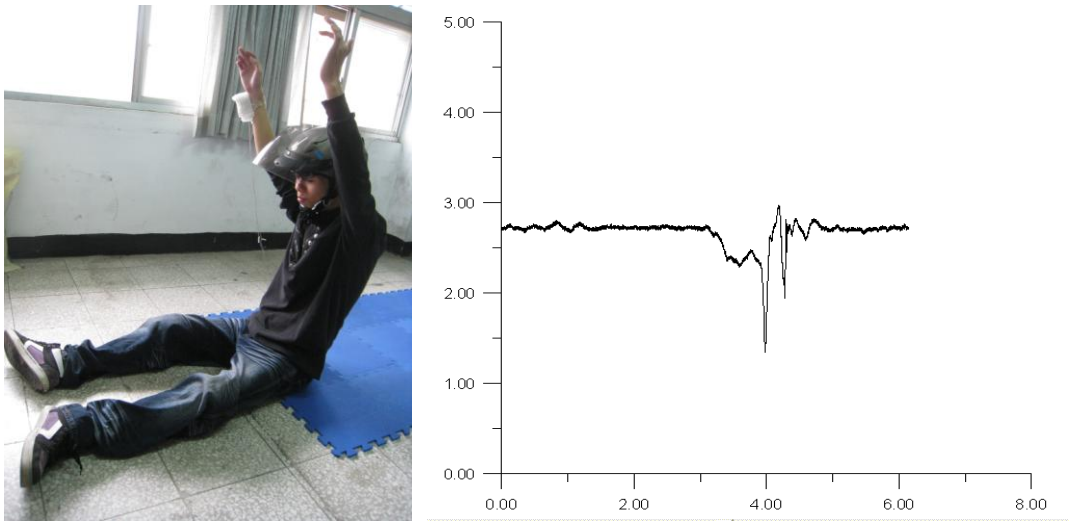


圖 6-25、6-26 手部抬高模式

雙手伸直向上，高度落下撞擊地板時，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。

（二）手部抬高斜方向躺模式（如圖 6-27、6-28 所示）

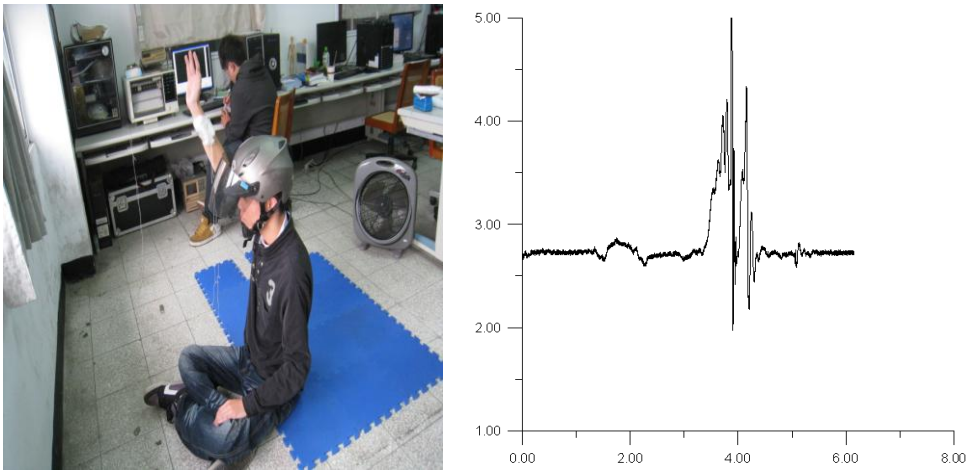


圖 6-27、6-28 手部抬高斜方向躺模式

雙手伸直向上，斜方向躺下，撞擊地板時，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。

6-3 跌倒模式特徵

一、跌倒特徵(如圖 6-29、6-30 所示)

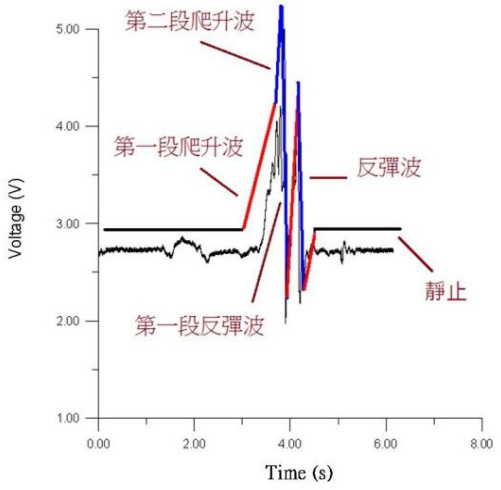


圖 6-29 跌倒模式特徵與波形

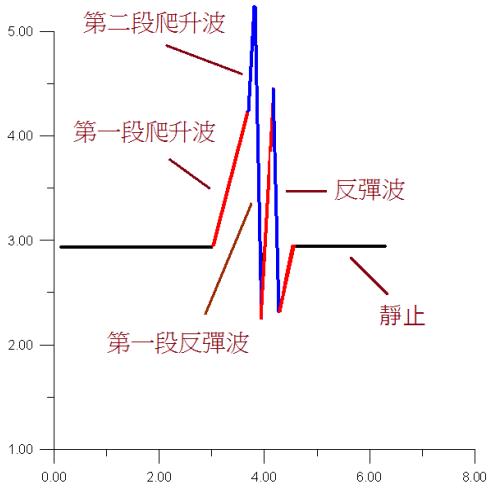


圖 6-30 跌倒模式特徵示意圖

上面統整此圖具有代表性的圖形，以上共同的特徵。

（一）第一段爬升波

發生跌倒任何部位觸碰於地面時，產生第一次的峰值，距離地面越高，峰值就越高，若距離地面越低，波形幅度比較不會劇烈。波形一開始往上或往下上升，跟陀螺儀的方向性有密切的關係。

（二）產生第二段爬升波的原因

跌倒撞擊時，因任何部位先觸碰於地面，導致身體往前或往後傾倒，會出現支撐不住的情況下，軀幹重力向下壓，造成支撐力不足，故下壓時產生第二次的加速度，使的波峰再次往上提升。

（三）第一段反彈波與反彈波

因跌倒撞擊全身部位觸碰於地面時，所產生第一次較長的波谷，隨後反彈波慢慢得產生出來。模特兒或人體會產生反彈的作用，距離地面越高，所產生反彈波會越大，離地面越小，所產生的反彈越小，反彈完之後進入靜止狀態。

6-4 跌倒與非跌倒狀態

一、跌倒狀態(如圖 6-31、6-32 所示)

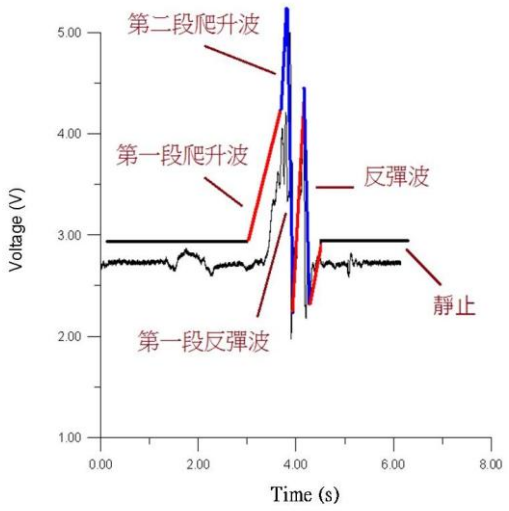


圖 6-31 跌倒模式特徵與波形

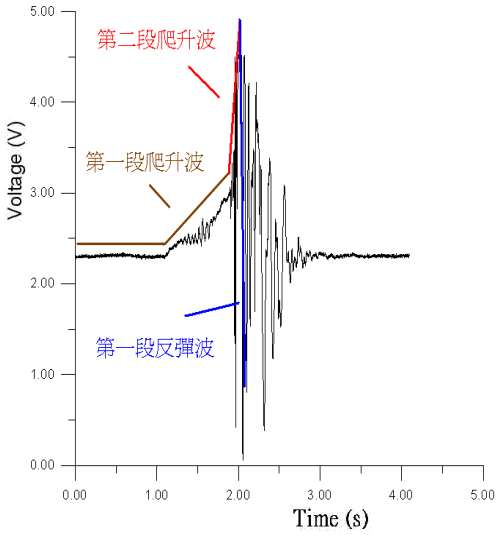


圖 6-32 洗澡跌倒模式

根據四種洗澡跌倒動作波形，找出最典型的波形圖，發現完全符合跌倒模式狀態。此圖爲洗手姿勢的波形圖。

二、非跌倒狀態(如圖 6-33、6-34 所示)

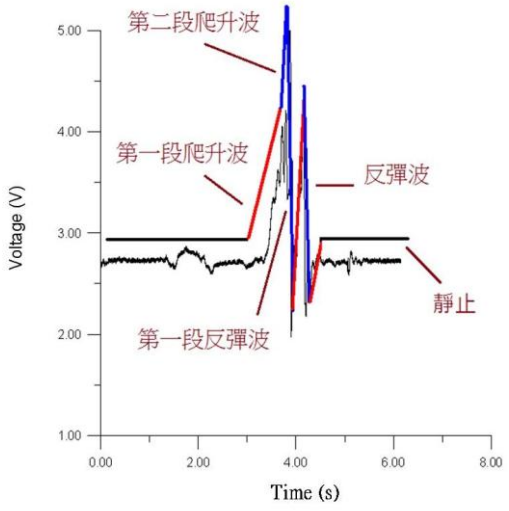


圖 6-33 跌倒模式特徵與波形

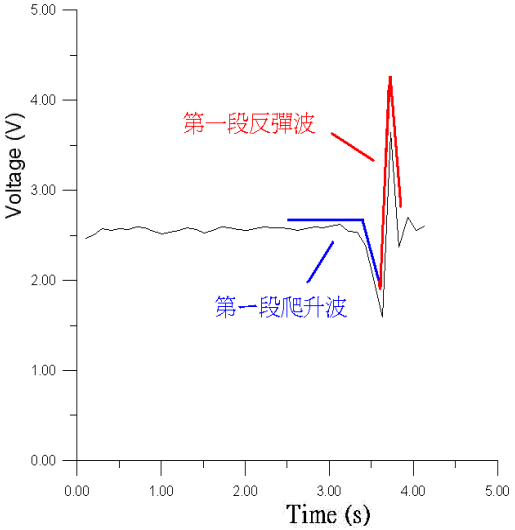


圖 6-34 手部自由擺動

根據四種手部自由擺動波形，因波形比較平滑不複雜，未出現第二段爬升波、第一段反彈波，所以判斷爲非跌倒模式。此圖爲垂直手部撞擊模式的波形圖。

6-5 高壓氣密殼

一、組裝與步驟

首先將底蓋至於下層，放入墊圈一於底蓋環槽一，在將墊圈二套入壓力盤邊緣結合並卡入環槽三，放入陀螺儀至底蓋內部，完成後由本體旋入底蓋，即可讓環槽一內部的墊圈一與本體環槽二進行壓合達到防水圈的功能，在由單向閥灌入氮氣使內部形成高壓防止水蒸氣進入，灌入後確認限制環內的壓力盤是否有膨脹，如確定無誤即可完成如圖 6-35 所示

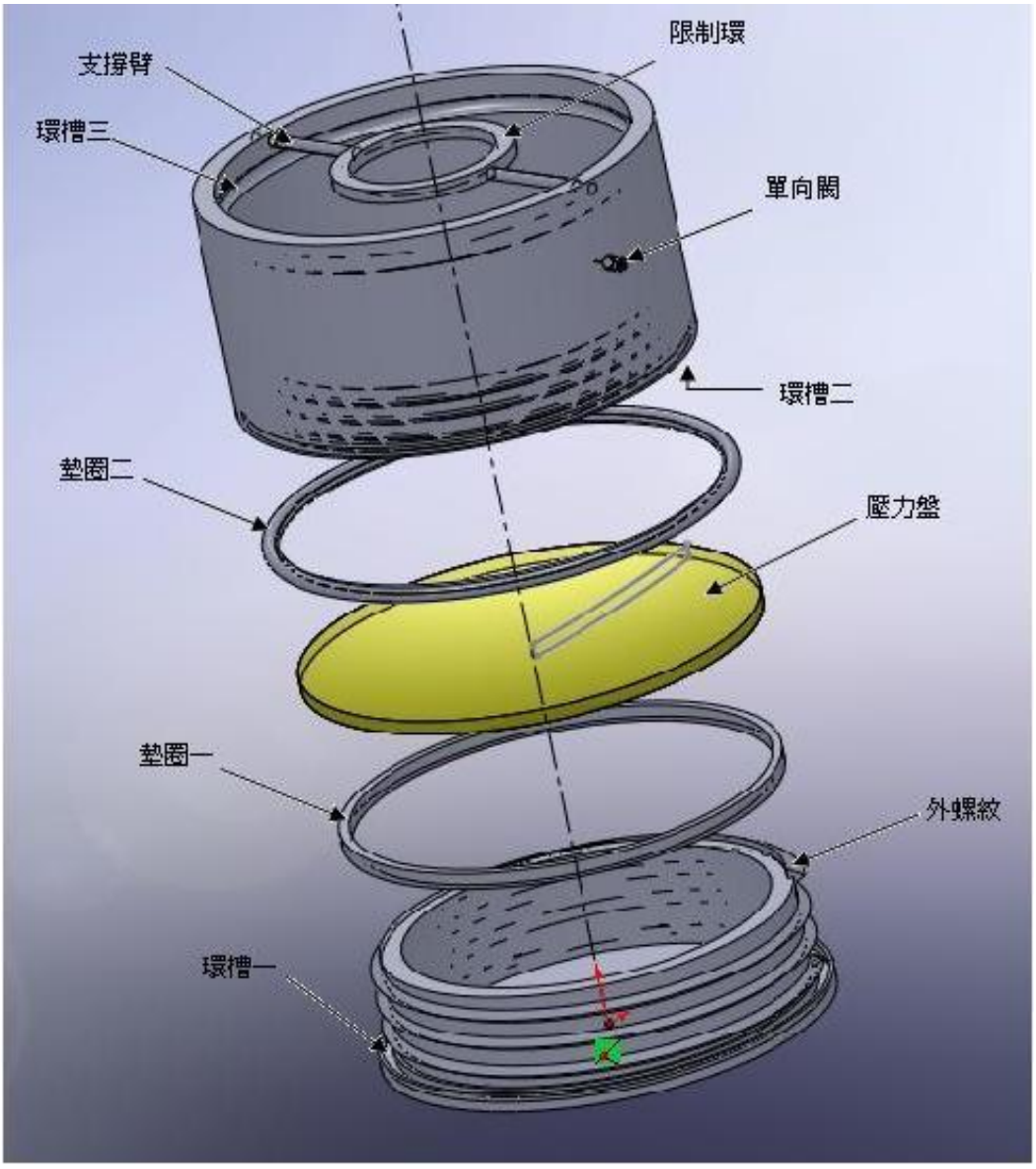


圖 6-35 組裝流程

二、高壓氣密殼體結構用途及說明

（一）本體構造說明，其擁有支撐臂、限制環、環槽二、環槽三、單向閥、內螺紋如圖 6-36、圖 6-37 所示

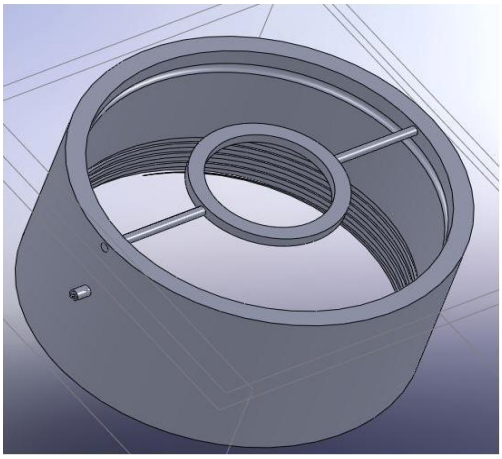
1、支撐臂的作用在於固定限制環，防止單向閥進行灌氣作業導致膨脹而彈出

2、環槽二是與底蓋環槽一做連結之用，裝入墊圈一達到防水目的

3、環槽三用於壓力盤加上墊圈二卡入之作用

4、單向閥其作用爲灌入氮氣之用途

5、內螺紋用於旋入底蓋之外螺紋



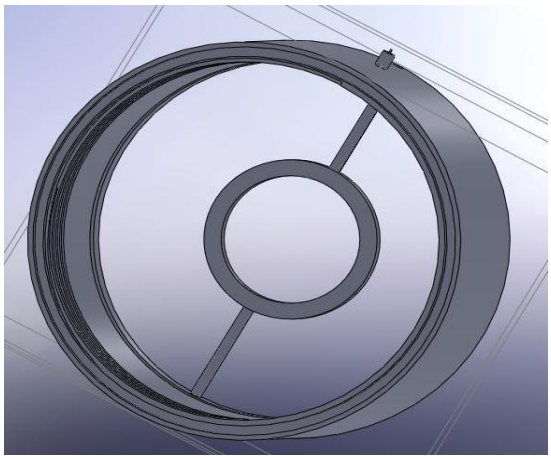


圖 6-36、圖 6-37 本體正反面

（二）墊圈一 （如圖 6-38 所示）

1、防水用途

2、放置於底蓋及本體之環槽內進行壓合作用

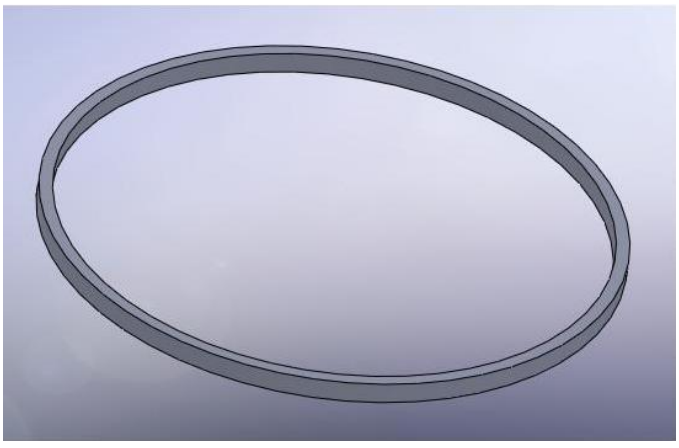


圖 6-38 墊圈一

（三）墊圈二 （如圖 6-39 所示）

1、防水用途

2、墊圈內部的凹槽爲包覆壓力盤邊緣之用途

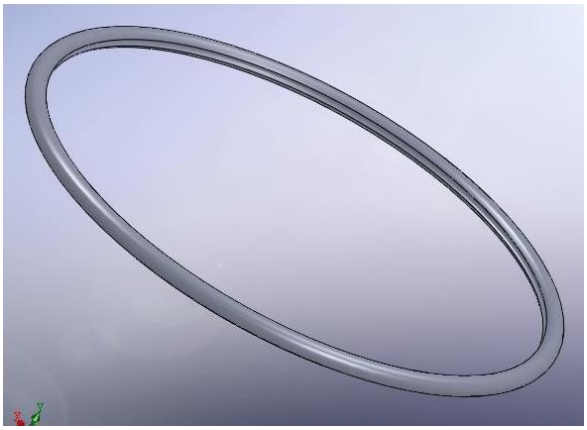


圖 6-39 墊圈二

（四）壓力盤（如圖 6-40、圖 6-41、圖 6-42 所示）

1、圓弧形的壓力盤其爲密度高之材質，可防止氣體外洩

2、圓弧之作用，當氮氣灌入後可導致壓力盤向上膨脹使邊緣向外側伸展，壓緊邊緣之墊圈二

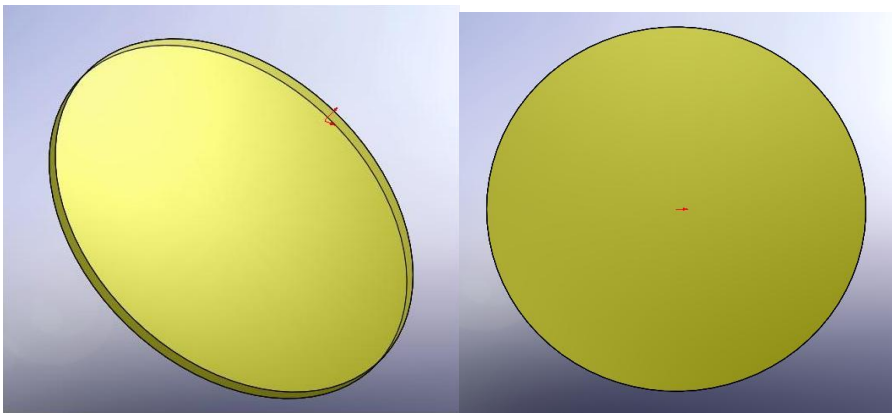


圖 6-40、圖 6-41 壓力盤斜視圖、上視圖

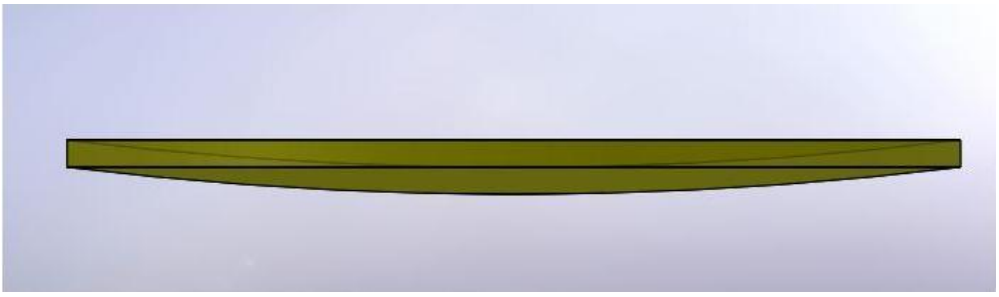


圖 6-42 壓力盤前視圖

（五）底蓋（如圖 6-43、6-44 所示）

1、可放入陀螺儀

2、外螺紋用於旋入本體之內螺紋

3、環槽一是與本體環槽二做連結之用，裝入墊圈一達到防水目的

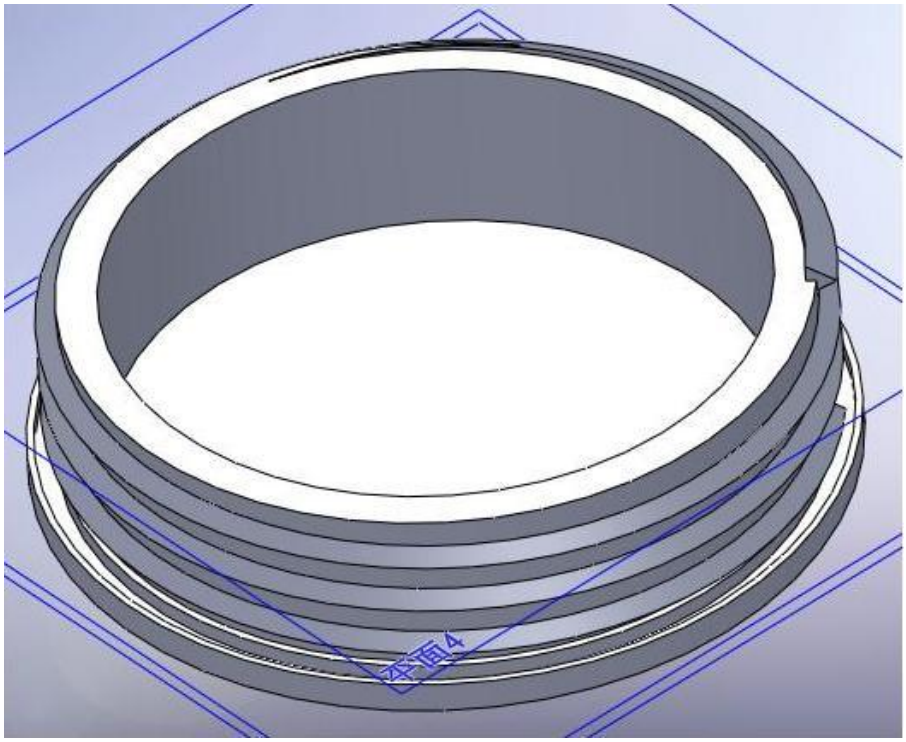


圖 6-43 底蓋

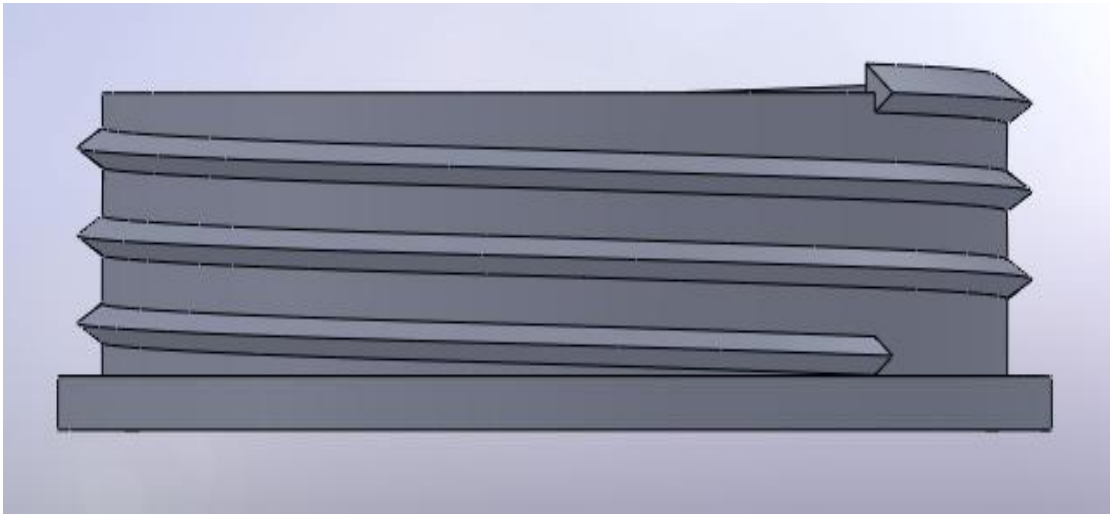


圖 6-44　底蓋前視圖

第七章 結論與未來展望

一、結論

經由本專題實驗研究分析可獲得以下結論：

（一）陀螺儀產生角速度訊號，經由訊號轉換成高低波形圖，針對第一段高低波形、第二段凸波與反彈波之間的變化，以圖片共同特徵和相似性，分辨無跌倒與發生跌倒的差異性。

（二）89S51 電路：陀螺儀角速度信號送入，經過 89S51 程式碼以及 ADC0804 轉換，傳到繼電器進行開關的動作，以 LED 燈判斷是跌倒的情況發生。

（三）動作姿態分析：了解老年人與年輕人之洗澡動作差別，角度與跌倒發生的因素，找出重心偏移最大的動作，作爲實驗量測對象；老年人因關節僵化爲與年輕人動作差異最顯著原因。

（四）人體模特兒：依照國人平均６５歲以上老人身體各部位尺寸、重量分配與動作分析所得的角度姿勢之資料，複製在於人體模特兒，使得模擬出老人跌倒之特定特徵與訊號。

（五）RP 快速成型機：在開發中的產品費用上有效降低成本、在各產業發展中或設計中的產品也可以有效運用 RP 快速成型機來進行開發中之產品。

（六）高壓氣密殼：本專題運用電腦輔助設計，完成防水氣密殼體結構設計，運用正壓概念，達到防止外部水氣進入殼體的功效。

二、未來展望

（一）本研究是使用一維陀螺儀，對於方向性的靈敏度不是很好控制，如果一維陀螺儀換成三維陀螺儀，在跌倒模式的訊號擷取穩定性有所助益。

（二）完成防水機殼設計後續可運用 RP 進行實體製造，進行實體功能測試。

參考文獻

1. 張義和、王敏男、許宏昌、余春長 （2009）。例說 89S51-C 語言。台北縣：新文京開發出版
2. 皮托科技股份有限公司。快速成型機 3D Touch 中文操作手冊
3. 經濟部智慧財局「中華民國專利資料檢索系統」 http://twpat.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm
4. 維基百科 http://zh.wikipedia.org/wiki/
5. 奇摩知識+ http://tw.knowledge.yahoo.com/
6. 行政院衛生署國民健康局 http://www.doh.gov.tw/CHT2006/index_populace.aspx
7. 李開偉（2009）。實用人因工程學。臺北縣：全華圖書出版
8. 陀螺儀 http://strawberry-linux.com/catalog/items?code=18082
9. 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
10. 許中原編著（2008）。SolidWorks 基礎範例應用。臺北縣：全華圖書出版
11. Andris Freivalds、Benjamin W.Niebel 著。王明揚、林迪意 編譯(2010)。工作研究。台北市：滄海書局出版
12. 陀螺儀 DATA shift 說明書 (2004) Analog Devices, Inc. All rights。 www.analog.com
13. 申請案號：095146570，”人類行爲事件偵測系統、方法及裝置”，申請人：私立中原大學、 (2010)。
14. 專利申請案號：100205305，”具有同時偵測跌倒與定位的系統”，申請人：中華科技大學、 (2012)。
15. 專利申請案號：099205817，”感測跌倒與暈倒裝置”，申請人：南臺科技大學，(2010)。
16. 專利申請案號：096149633，”估測人體姿態之方法”，申請人：國立交通大學， (2012)。

17. 專利申請案號：099216690，”老人安全監控裝置”，申請人：龍華科技大學、(2010)。
18. 老人居家跌倒警報系統之研製。郭建德。崑山科技大學電子工程系所碩士論文(2005)
19. RFID 結合影像分析於老人跌倒之研究。邱瑞科、洪甘錠。輔仁大學資訊管理學系，碩士論文。
20.許棟樑，萃智創新工具精通上篇，亞卓國際顧問公司(2011)

附錄

附錄一 89S51 程式碼

```
/*  電壓量測實例  */
#include <reg51.h>
/*  宣告驅動信號陣列  */
unsigned char code TAB[10]={ 0xc0, 0xf9, 0xa4, 0xb0, 0x99,
                             0x92, 0x83, 0xf8, 0x80, 0x98 };

#define ADC      P0              //      定義 ADC 連接埠
#define SCANP P1                 //      定義掃瞄信號連接埠
#define SEG7P P2                 //      定義七節顯示器連接埠

#define off    40000             //          定義電壓上限
#define on    40000              //          定義電壓下限
sbit relay=P3^2;                 //       繼電器位置

unsigned char disp[4]={0,0,0,0};          //      宣告顯示區陣列
unsigned char _adc;                       //      宣告變數
void dataproc（unsigned char）;           //  宣告資料處理函數
void display（void）;                     //  宣告顯示函數
void delay1ms（char）;                    //  宣告延遲函數
main（）                                  //     主程式
{     while（1）                          //       while 開始
      {     display（）;                  //         顯示
            _adc=ADC;                     //      讀取外部記憶體
            dataproc（_adc）;             //         資料處理
      }                                   //      while 結束
```

```
}                                                    //      主程式結束

//====資料處理函數====
void dataproc（unsigned char data_in）
{unsigned int results;                               //    宣告變數
            results=data_in*196;            // 讀取 ADC0804 轉換結果乘以 196 倍
            if （results>=off） relay=0;
 /* 若電壓高於或等於 3000（off），則關閉繼電器
          else if （results<=on） relay=1;
 /* 若電壓低於或等於 3000（on），則開啓繼電器
            disp[3]=results/10000;                  //      取得千位數
            disp[2]=（results/1000）%10;            // 取得百位數
            disp[1]=（results/100）%10;             // 取得十位數
            disp[0]=results%10;                     //      取得個位數
}                                                   //      資料處理函數結束

//====顯示函數====
void display（void）
{       char i,scan;                                //      宣告變數
        char times=20;                              //      掃瞄 20 次
        while （--times>=0）                              // while 迴圈開始
        {     scan=1;                               //      初始掃瞄信號
              for（i=0;i<4;i++）                          // for 敘述開始
              {       SEG7P=0xff;                   //      關閉 7 節顯示器
                      SCANP=~scan;                  //      輸出掃瞄信號
                      SEG7P=TAB[disp[i]];           // 轉換成驅動信號，並輸出到 P0
                      delay1ms（4）;                    //        延遲 4ms
                      scan<<=1;                     //      下一個掃瞄信號
              }                                     //       結束 for 敘述
```

```
        }                                   //      結束 while 敘述
}                                           //      display 函數結束

//====延遲函數====
void delay1ms（char x）
{       int i,j;                            //      宣告變數
        for（i=0;i<x;i++）                  //  外迴圈
                for（j=0;j<120;j++）;       //      內迴圈
}                                           //      延遲函數結束
```

附錄二 ADXRS300 規格表 (如附錄表 1-1)

TA =25˚C，VS= 5V，角速度= 0˚/ s 的頻寬= 80 赫茲（COUT= 0.01μ F），±1G。除非另有說明。

附錄表 1-1 ADXRS300 規格表

參數	條件	ADXRS300ABG			單位
		敏銳型	典型	MAX1	
靈敏度	順時針旋轉是陽極輸出				
動態 Range2	滿量程超過規格範圍	±300			˚/s
最初	@25℃	4.6	5	5.4	mV/˚/s
隨著溫度	VS = 4.75 V to 5.25 V	4.6	5	5.4	mV/˚/s
非線性	最適合直線		0.1		% of FS
零					
最初的零			2.5		V
隨著溫度	VS = 4.75 V to 5.25 V	2.3		2.7	V
開啓時間	Power on to ±½ °/s of final		35		Ms
直線加速效應	任何軸	2.3	0.2	2.7	˚/s/g
電壓靈敏度	VCC = 4.75 V to 5.25 V		1		˚/s/V
頻率響應					
3 dB 頻寬	22 nF as comp cap （see the		40		Hz
感應器諧振頻率	Setting Bandwidth section）		14		kHz
自己測試輸入					
ST1 RATEOUT Response5	ST1 的接腳從邏輯 0 到 1	-150	-270	-450	mV
ST2 RATEOUT Response5	ST2 的接腳從邏輯 0 到 1	+150	+270	+450	mV
邏輯 1 輸入電壓	標準高邏輯水平定義	3.3			V
邏輯 0 輸入電壓	標準高邏輯水平定義			1.7	V
輸入阻抗	常見		50		kΩ

附錄表 1-1 ADXRS300 規格表(續)					
溫度感應器 輸出電壓在 298°K ON 接腳的最大負載電流 比例因子	 源頭共通 與絕對溫度成正比		2.5 8.4	 50 	V uA mV/°K
輸出驅動能力 輸出電壓擺幅 容性負載驅動	 IOUT = ±100 μA	 0.25 1000	 	 Vs-0.25 	 V pF
電源供應器 工作電壓範圍 靜態電源電流	 	 4.75 	 5 6	 5.25 8	 V mA
溫度範圍 指定的性能 A 級	 溫度測試最大和最小規格	 -40	 	 +85	 ℃
2.5 V 參考 電壓值 裝入驅動器接地 負載調節 電源抑制 溫度漂移	 源頭 0 < IOUT < 200 μA 4.75 Vs to 5.25 Vs 三角從 25°C 間	 2.45 	 2.5 200 5 1 5	 2.55 	 V uA mV/mA mV/V mV

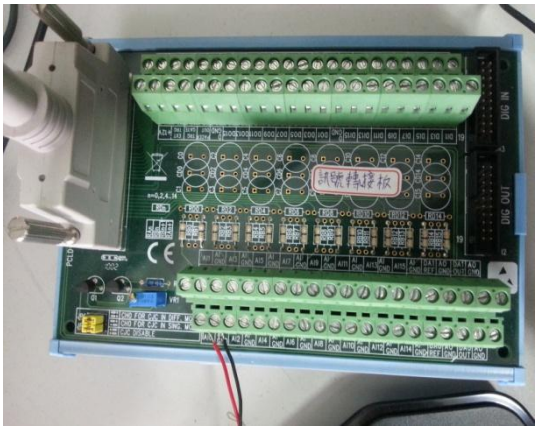
一、說明

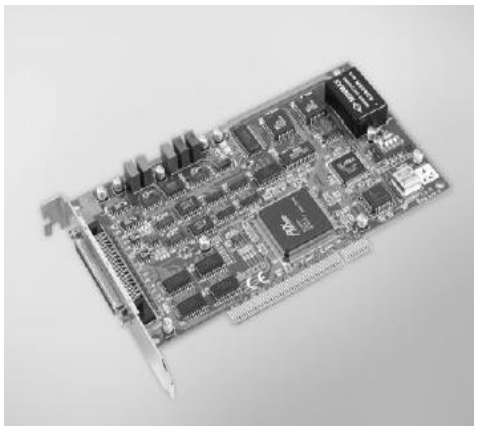
（一）、動態範圍是最大的滿刻度的測量範圍，包括輸出擺幅範圍，初始偏移，靈敏度，失調漂移和靈敏度漂移 5 V 電源。

（二）、規格，這個參數是指最大程度作爲 TMIN 或 TMAX。

（三）、自檢響應隨溫度變化。詳情請參閱自檢功能部分。

附錄三　PCI-1710HG/HGL 訊號轉接卡、訊號擷取卡規格





附錄圖 1-1、1-2 訊號轉接卡

1、16-ch single-ended or 8-ch differential or a combination of analog input

2、12-bit A/D converter, with up to 100 kHz sampling rate

3、Programmable gain

4、Automatic channel/gain scanning

5、Onboard FIFO memory （4,096 samples）

6、Two 12-bit analog output channels （PCI-1710/1710HG only）

7、16-ch digital input and 16-ch digital output

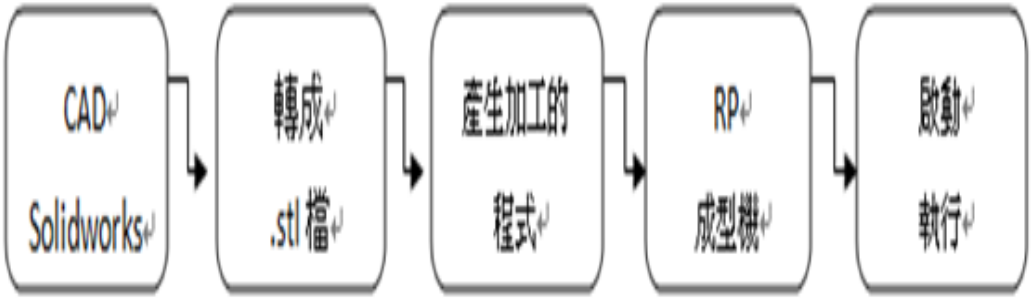
8、Onboard programmable counter

9、BoardID™ switch

附錄四 快速成型機 RP (Rapid Prototype)

一、快速成型機 RP 之製程：

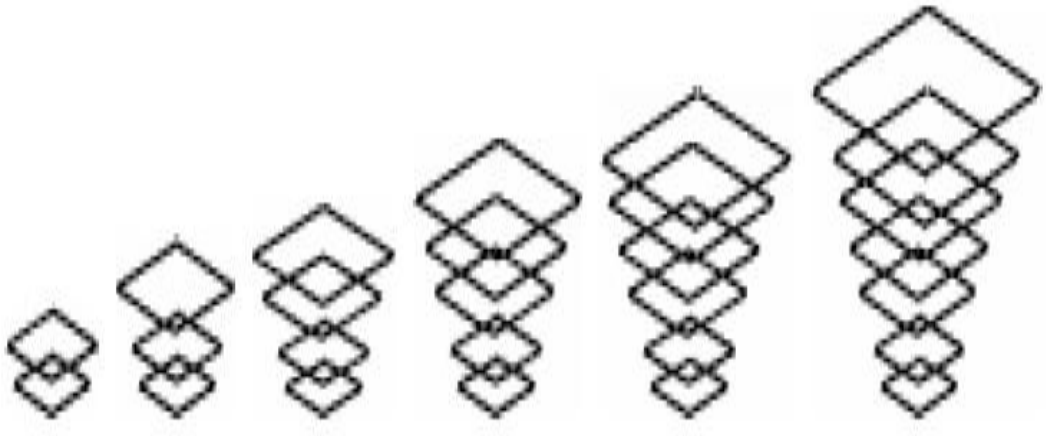
當一概念之設計完成於電腦之 3D solidworks 或 CAD 軟體後，經一介面程式將此 CAD 或 solidworks 轉成 STL 檔或依不同 RP 機型有不同接受之格式，再經過軟體計算將 STL 檔轉換成一層一層之 2D 剖面加工程式再傳入 RP 機器後，工件就被一層一層的加工、堆疊並結合起來，如此一來即可製成 3D 之模型如附錄圖 1-3，1-4。



附錄圖 1-3 RP 製程

(一)STL 轉換切層：

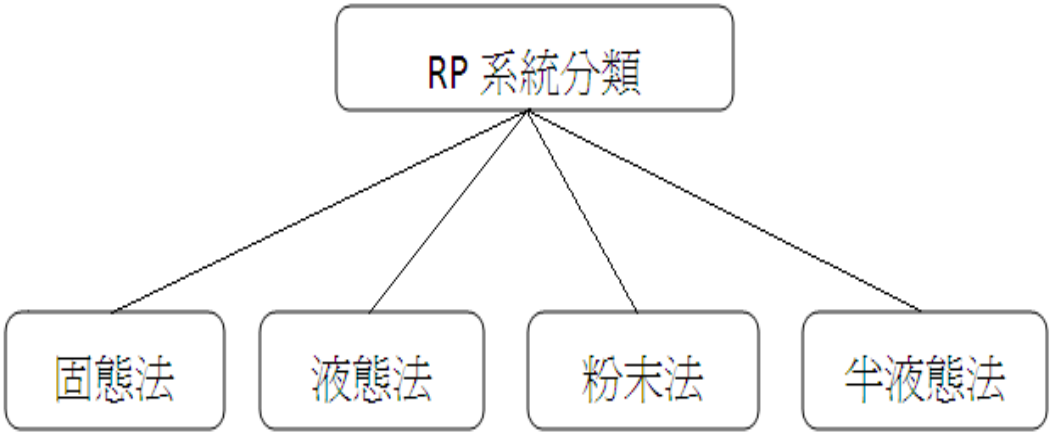
STL 存檔後轉入成行機 RP 之轉換切層程式，產生一層一層之 2D 加工圖。



附錄圖 1-4 STL 轉換切層

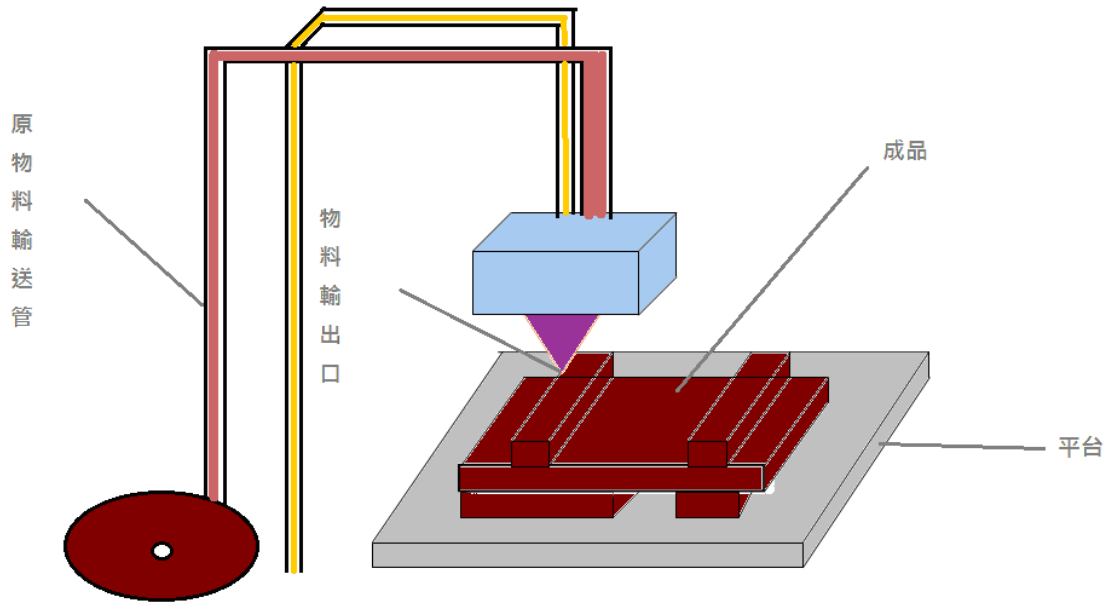
二、RP 成形機的種類：

(一)RP 的種類可分爲四種成型方法(如附錄圖 1-5)



附錄圖 1-5 RP 種類

(二)本專題所使用之 RP 系統爲半液態法:其工作原理十分類似擠牙膏的方式，加工方式是以加熱頭熔化線狀之熱塑性材料，再將熱塑性的固體細絲材料由加熱頭熔化擠出而一層一層堆積成型直到整個工件完成如附錄圖 1-6。



附錄圖 1-6 半液態法

三、快速原型的優缺點與應用範圍

（一）優點：

１、無論多複雜的形狀都非常容易成型。

２、因無機器各部動作干涉問題，對操作者無熟練要求。

３、因無需準備工具夾具等，可立即開始加工。

４、加工過程完全自動化，可完全無人運轉。

５、無加工噪音，振動，無大量切屑。很適合作爲辦公室機台。

６、可在短時間內製作模型，交貨快，費用省。

（二）缺點：

1、快速原型機生產速度慢，一次只能做一個或數個，並不適合於大量生產。

2、而且產品精度較差。如粉末製程的，其模型容易出現毛邊切面上容易出現如樹紋狀的紋路，所以需要後處理來細修。

3、強度差，因爲大部分快速原型機做出來的成品使用的皆是塑膠材料，唯讀粉末製程可用金屬材料製程，則其強度就會較高。

（三）應用範圍：

1、工業原型和模型

2、設計概念的實體化

3、組裝測試

4、造形設計評估

5、功能性測試

6、產品開發評估

7、市場反應調查

8、小量生產的零件部品和產品

9、藝術品

四、操作說明

3D TouCH控制面板操作流程

↓

首先組裝3D TouCH

↓

開啓netfabb Studio 載入3D圖檔案

↓

設定編輯圖檔完成後點選 part > Export part > as STL轉STL

(必須轉STL檔才可將圖檔載入BFB程式)

↓

開啓BFB Axon > main內的 OPEN Stl File開啓STL檔

可進行面板上3D模型 模型大小編輯

完成後點選Build進行估計成型所需時間,花費成本,及材料

↓

G-code內 顯示模型打底到完成流程 右方的捲軸往下拉即可

確定無誤即可點選Main內的Download to SD card

轉成BFB檔(BFB檔才能在3D TouCH使用)

↓

將檔案存入隨身碟內插入3D TouCH

打開螢幕控制面板

點選PRINT 可選擇所需檔案 XXX.BFB(範例)

選擇後 可點選target旁的(數字)進入後

選擇E2-TGT之間的數字調整加溫

在案開關即可返回,回到控制面板

附錄五、NextEngine 桌上型 3D 掃描器

一、３Ｄ　ＳＣＡＮＮＥ介紹

3D Scanner 將實際的產品帶入 SolidWorks 的環境中，成爲一個具有精密度、高解析度的 3D 參考模型，它是個擁有快速簡單特性，且可以置放於桌面上的３Ｄ掃描器。使用 3D Scanner 可以將具有自由曲面的產品原型帶入 3D CAD 模型中，過程不需耗費時間，

並減少人工量測複雜外型所產生的爭論與錯誤。

二、3D Scanner 的優缺點與應用範圍

（一）優點

1、不限制的空間

2、不限制的地點

3、方便攜帶一個提箱即可帶走

4、架設快速

5、從開機、設定到開始掃描僅需十多分鐘即可開始作業

6、可將實際的產品帶入 SolidWorks

7、減少人工量測複雜外型所產生的爭論與錯誤

8、將外來的細部設計逆推到設計中

（二）缺點

1、掃描過程需要重複進行，覆蓋掃描後的漏洞

2、掃描過程需要花費一點時間，越清晰就需要更多次的掃描

3、一個物件所展示的動作，必須保持動作到完成掃描才可

4、掃描物件的尺寸受到限制，超過範圍無法進行掃描

5、掃描物件必須使物件有角度曲面，平面的東西是不一定用紅外線掃描的到

三、應用範圍

SolidWorks 與 NextEngine 已經聯合發展出新的原生檔案格式，可以讓您將掃描的模型數據直接進入到 SolidWorks 的環境中。所謂的原生格式意味著精度、效率以及免除檔案轉換的困擾，這項新的工具將整合在 SolidWorks 2007 Office Premium 的版本中，可進行點雲資料的讀取工作，並且網格化雲點資料後產生您所要完成的設計工作如附錄圖 1-7 所示。



附錄圖 1-7 3D Scanner

四、NextEngine 桌上型 3D 掃描器操作說明

（一）操作流程

放置物件在於 PartGripper 夾制具，固定好物件在掃描細部選項進行調整

1、掃描細部選項

(1)物件劃分(DIVISIONS) （如附錄圖 1-8 所示）



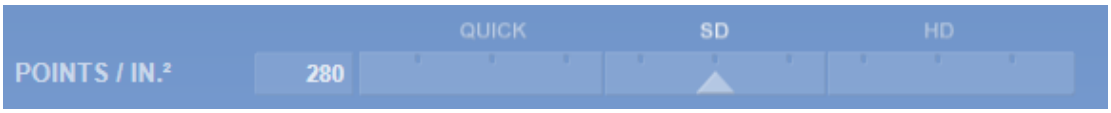
附錄圖 1-8 物件劃分

(2)畫質(POINTS/IN.^2) （如附錄圖 1-9 所示）



附錄圖 1-9 畫質

(3)亮度(TARGET) （如附錄圖 1-10 所示）



附錄圖 1-10 亮度

(4)焦距(RANGE) （如附錄圖 1-11 所示）



附錄圖 1-11 焦距

(5)距離（如附錄圖 1-12 所示）



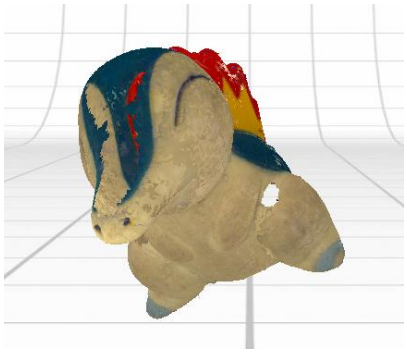
附錄圖 1-12 距離

2、首次掃瞄完成之結果

第一次執行 360 度掃描之後，3D 模型會有破損如附錄圖 1-13 所示，須執行二次掃描以拼接成完整的模型，模型拼接功能比須以三個點爲一個面的原理來執行，使用畫面中的紅黃藍圓球標註雙方之相同判定點如附錄圖 1-14、圖附錄 1-15 所示，完成後點選 ALIGN 進行拼接，重複使用數次將模型拼接完整如圖附錄 1-16 所示。

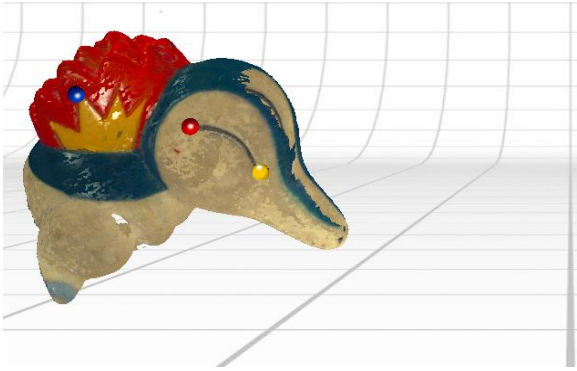
（二）3D 掃描拼接流程

1、第一次掃瞄後雖然能看出模型樣貌但仍有空洞。

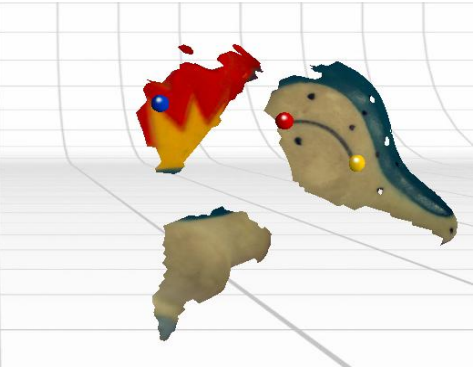


附錄圖 1-13 首次完成圖

2、進行二次掃瞄並點選模型拼接功能，將圖中三點(紅黃藍)放置相同位子，以三個點爲一個面之原則執行，使兩張圖合二爲一，以修補缺陷。

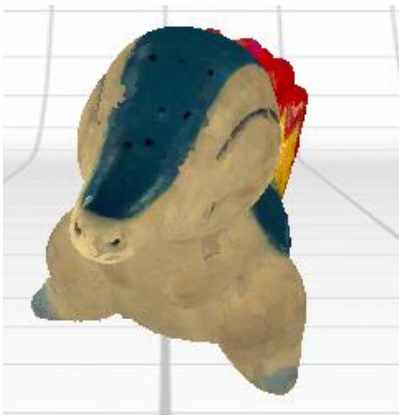


附錄圖 1-14 首次完成圖左側



附錄圖 1-15 第二次單向掃描圖

3、拼接完整之模型



附錄圖 1-16 拼接完成圖

附錄六 波形數據表

一、拍打肩膀模式數據表(如附錄表 1-2)

附錄表 1-2 拍打肩膀模式數據表

Time (S)	Voltage (V)	Time (S)	Voltage (V)	Time (S)	Voltage (V)
1.80576	2.53418	2.90928	2.531738	4.0128	2.531738
1.90608	2.561035	3.0096	2.412109	4.11312	2.561035
2.0064	2.536621	3.10992	1.70166	4.21344	2.565918
2.10672	2.541504	3.21024	0.2001953	4.31376	2.543945
2.20704	2.543945	3.31056	2.233887	4.41408	2.55127
2.30736	2.548828	3.41088	2.497559	4.5144	2.558594
2.40768	2.561035	3.5112	2.602539	4.61472	2.53418
2.508	2.570801	3.61152	2.556152	4.71504	2.541504
2.60832	2.543945	3.71184	2.53418	4.81536	2.543945
2.70864	2.565918	3.81216	2.563477		
2.80896	2.561035	3.91248	2.543945		

二、垂直手部撞擊模式數據表(如附錄表 1-3)

附錄表 1-3 垂直手部撞擊模式數據表

Time(S)	Voltage(S)	Time(S)	Voltage(S)	Time(S)	Voltage(S)
1.51214286	2.529297	2.5202381	2.573242	3.5283333	2.019043
1.61295238	2.553711	2.6210476	2.556152	3.6291429	1.59668
1.7137619	2.590332	2.7218571	2.573242	3.7299524	3.640137
1.81457143	2.580566	2.8226667	2.590332	3.8307619	2.373047
1.91538095	2.565918	2.9234762	2.583008	3.9315714	2.702637
2.01619048	2.556152	3.0242857	2.60498	4.032381	2.55127
2.117	2.570801	3.1250952	2.62207	4.1331905	2.602539
2.21780952	2.590332	3.2259048	2.546387		
2.31861905	2.587891	3.3267143	2.53418		
2.41942857	2.587891	3.4275238	2.392578		

三、手部撞擊桌面模式數據表(如附錄表 1-4)

附錄表 1-4 手部撞擊桌面模式數據表

Time(S)	Voltage(V)	Time(S)	Voltage(V)	Time(S)	Voltage(V)
2.433795918	2.790527	3.3464694	2.353516	4.2591429	2.763672
2.535204082	2.788086	3.4478776	0.9570313	4.360551	2.792969
2.636612245	2.780762	3.5492857	3.208008	4.4619592	2.76123
2.738020408	2.790527	3.6506939	2.717285	4.5633673	2.780762
2.839428571	2.807617	3.752102	2.77832	4.6647755	2.802734
2.940836735	2.792969	3.8535102	2.724609	4.7661837	2.790527
3.042244898	2.783203	3.9549184	2.810059	4.8675918	2.773438
3.143653061	2.805176	4.0563265	2.814941		
3.245061224	2.753906	4.1577347	2.790527		

四、手部撞擊桌面軟墊模式數據表(如附錄表 1-5)

附錄表 1-5 手部撞擊桌面軟墊模式數據表

Time(S)	Voltage(S)	Time(S)	Voltage(S)	Time(S)	Voltage(S)
0.1014118	2.763672	1.62258824	2.802734	3.143764706	2.304688
0.2028235	2.736816	1.724	2.807617	3.245176471	1.416016
0.3042353	2.770996	1.82541176	2.763672	3.346588235	0.3857422
0.4056471	2.763672	1.92682353	2.76123	3.448	2.854004
0.5070588	2.770996	2.02823529	2.768555	3.549411765	2.768555
0.6084706	2.790527	2.12964706	2.788086	3.650823529	2.773438
0.7098824	2.797852	2.23105882	2.770996	3.752235294	2.770996
0.8112941	2.780762	2.33247059	2.77832	3.853647059	2.814941
0.9127059	2.788086	2.43388235	2.773438	3.955058824	2.753906
1.0141176	2.805176	2.53529412	2.758789	4.056470588	2.766113
1.1155294	2.790527	2.63670588	2.775879	4.157882353	2.785645
1.2169412	2.768555	2.73811765	2.785645	4.259294118	2.77832
1.3183529	2.785645	2.83952941	2.797852	4.360705882	2.768555
1.4197647	2.76123	2.94094118	2.756348	4.462117647	2.802734
1.5211765	2.768555	3.04235294	2.695313		

五、模特兒手部伸直往前跌倒數據表(如附錄表 1-6)

附錄表 1-6 模特兒手部伸直往前跌倒數據表

Time(S)	Voltage(S)	Time(S)	Voltage(S)	Time(S)	Voltage(S)
3.034875	2.648926	4.3499875	2.844238	5.6651	2.731934
3.1360375	2.644043	4.45115	2.790527	5.7662625	2.683105
3.2372	2.651367	4.5523125	2.617188	5.867425	2.609863
3.3383625	2.683105	4.653475	2.998047	5.9685875	2.573242
3.439525	2.685547	4.7546375	3.15918	6.06975	2.600098
3.5406875	2.705078	4.8558	6.10E-02	6.1709125	2.641602
3.64185	2.724609	4.9569625	4.489746	6.272075	2.636719
3.7430125	2.741699	5.058125	1.901855	6.3732375	2.609863
3.844175	2.79541	5.1592875	1.68457	6.4744	2.607422
3.9453375	2.832031	5.26045	3.400879	6.5755625	2.614746
4.0465	2.888184	5.3616125	2.780762	6.676725	2.65625
4.1476625	2.912598	5.462775	2.260742		
4.248825	2.851563	5.5639375	2.468262		

六、模特兒手部伸直往後跌倒數據表(如附錄表 1-7)

附錄表 1-7 模特兒手部伸直往後跌倒數據表

Time(S)	Voltage(S)	Time(S)	Voltage(S)	Time(S)	Voltage(S)
3.01076923	2.597656	4.3154359	1.303711	5.620102564	2.597656
3.11112821	2.597656	4.41579487	0.4125977	5.720461538	2.685547
3.21148718	2.617188	4.51615385	1.193848	5.820820513	2.69043
3.31184615	2.580566	4.61651282	2.277832	5.921179487	2.653809
3.41220513	2.580566	4.71687179	1.628418	6.021538462	2.578125
3.5125641	2.614746	4.81723077	1.262207	6.121897436	2.624512
3.61292308	2.646484	4.91758974	4.70459	6.22225641	2.624512
3.71328205	2.697754	5.01794872	2.302246	6.322615385	2.609863
3.81364103	2.67334	5.11830769	2.426758	6.422974359	2.590332
3.914	2.624512	5.21866667	2.277832	6.523333333	2.624512
4.01435897	2.504883	5.31902564	2.241211		
4.11471795	2.302246	5.41938462	2.451172		
4.21507692	1.916504	5.51974359	2.712402		

七、模特兒手部水平 180 度往前跌倒數據表(如附錄表 1-8)

附錄表 1-8 模特兒手部水平 180 度往前跌倒數據表

Time (S)	Voltage (S)	Time (S)	Voltage (S)	Time (S)	Voltage (S)
3.0151852	2.543945	4.3217654	2.62207	5.6283457	2.539063
3.1156914	2.543945	4.4222716	2.177734	5.7288519	2.55127
3.2161975	2.492676	4.5227778	4.980469	5.829358	2.553711
3.3167037	2.456055	4.623284	0.6835938	5.9298642	2.546387
3.4172099	2.512207	4.7237901	2.138672	6.0303704	2.543945
3.517716	2.509766	4.8242963	2.1875	6.1308765	2.553711
3.6182222	2.570801	4.9248025	2.609863	6.2313827	2.541504
3.7187284	2.641602	5.0253086	2.609863	6.3318889	2.55127
3.8192346	2.602539	5.1258148	2.580566	6.4323951	2.556152
3.9197407	2.563477	5.226321	2.526855	6.5329012	2.543945
4.0202469	2.55127	5.3268272	2.514648		
4.1207531	2.768555	5.4273333	2.553711		
4.2212593	2.888184	5.5278395	2.568359		

八、模特兒手部水平 180 度往後跌倒數據表(如附錄表 1-9)

附錄表 1-9 模特兒手部水平 180 度往後跌倒數據表

Time (S)	Voltage (S)	Time (S)	Voltage (S)	Time (S)	Voltage (S)
3.01818182	2.573242	4.2254545	2.539063	5.43272727	2.558594
3.11878788	2.529297	4.3260606	2.648926	5.53333333	2.548828
3.21939394	2.355957	4.4266667	1.176758	5.63393939	2.55127
3.32	2.429199	4.5272727	4.245605	5.73454545	2.561035
3.42060606	2.434082	4.6278788	4.943848	5.83515152	2.573242
3.52121212	2.404785	4.7284848	2.668457	5.93575758	2.546387
3.62181818	2.470703	4.8290909	3.032227	6.03636364	2.558594
3.72242424	2.438965	4.929697	2.587891	6.1369697	2.558594
3.8230303	2.392578	5.030303	3.508301	6.23757576	2.563477
3.92363636	2.407227	5.1309091	2.507324	6.33818182	2.55127
4.02424242	2.392578	5.2315152	2.719727	6.43878788	2.556152
4.12484848	2.531738	5.3321212	2.497559	6.53939394	2.546387

九、模特兒手部向下往前跌倒數據表(如附錄表 1-10)

附錄表 1-10 模特兒手部向下往前跌倒數據表

Time (S)	Voltage (S)	Time (S)	Voltage (S)	Time (S)	Voltage (S)
2.10991667	2.570801	3.4160556	2.258301	4.7221944	2.497559
2.21038889	2.561035	3.5165278	2.08252	4.8226667	2.70752
2.31086111	2.553711	3.617	1.99707	4.9231389	2.568359
2.41133333	2.548828	3.7174722	1.90918	5.0236111	2.583008
2.51180556	2.514648	3.8179444	2.253418	5.1240833	2.53418
2.61227778	2.529297	3.9184167	0.1074219	5.2245556	2.561035
2.71275	2.495117	4.0188889	1.477051	5.3250278	2.490234
2.81322222	2.355957	4.1193611	2.800293	5.4255	2.585449
2.91369444	2.446289	4.2198333	4.477539	5.5259722	2.53418
3.01416667	2.526855	4.3203056	0.8935547	5.6264444	2.583008
3.11463889	2.55127	4.4207778	1.877441	5.7269167	2.570801
3.21511111	2.460938	4.52125	1.953125	5.8273889	2.548828
3.31558333	2.297363	4.6217222	2.600098		

十、模特兒手部向下往後跌倒數據表(如附錄表 1-11)

附錄表 1-11 模特兒手部向下往後跌倒數據表

Time (S)	Voltage (S)	Time (S)	Voltage (S)	Time (S)	Voltage (S)
2.5094697	2.60498	3.7140152	2.636719	4.8181818	2.565918
2.60984848	2.568359	3.8143939	2.76123	4.9185606	2.529297
2.71022727	2.573242	3.9147727	3.212891	5.0189394	2.539063
2.81060606	2.583008	4.0151515	3.15918	5.1193182	2.536621
2.91098485	2.607422	4.1155303	4.963379	5.219697	2.541504
3.01136364	2.614746	4.2159091	0.078125	5.3200758	2.558594
3.11174242	2.666016	4.3162879	3.813477	5.4204545	2.55127
3.21212121	2.641602	4.4166667	2.199707	5.5208333	2.563477
3.3125	2.697754	4.5170455	0.6860352	5.6212121	2.548828
3.41287879	2.666016	4.6174242	2.600098	5.7215909	2.548828
3.51325758	2.700195	4.717803	2.529297		
3.61363636	2.661133				

十一、模特兒手部向上往前跌倒數據表(如附錄表 1-12)

附錄表 1-12 模特兒手部向上往前跌倒數據表

Time (S)	Voltage (S)	Time (S)	Voltage (S)	Time (S)	Voltage (S)
3.03375	2.683105	4.24725	3.31543	5.46075	2.680664
3.134875	2.663574	4.348375	4.150391	5.561875	2.705078
3.236	2.680664	4.4495	3.259277	5.663	2.680664
3.337125	2.65625	4.550625	1.242676	5.764125	2.700195
3.43825	2.683105	4.65175	2.199707	5.86525	2.702637
3.539375	2.670898	4.752875	4.997559	5.966375	2.683105
3.6405	2.724609	4.854	2.773438	6.0675	2.700195
3.741625	2.739258	4.955125	4.008789	6.168625	2.702637
3.84275	2.800293	5.05625	3.083496	6.26975	2.678223
3.943875	2.756348	5.157375	2.568359	6.370875	2.683105
4.045	2.854004	5.2585	2.619629	6.472	2.705078
4.146125	3.452148	5.359625	2.744141		

十二、模特兒手部向上往後跌倒數據表(如附錄表 1-13)

附錄表 1-13 模特兒手部向上往後跌倒數據表

Time (S)	Voltage (S)	Time (S)	Voltage (S)	Time (S)	Voltage (S)
2.5091176	2.646484	3.51276471	4.465332	4.5164118	2.602539
2.6094824	2.541504	3.61312941	4.450684	4.6167765	2.648926
2.7098471	2.626953	3.71349412	0.6591797	4.7171412	2.734375
2.8102118	2.714844	3.81385882	2.768555	4.8175059	2.69043
2.9105765	2.609863	3.91422353	2.597656	4.9178706	2.700195
3.0109412	2.819824	4.01458824	2.199707	5.0182353	2.69043
3.1113059	2.634277	4.11495294	2.8125	5.1186	2.695313
3.2116706	2.780762	4.21531765	2.600098	5.2189647	2.687988
3.3120353	2.626953	4.31568235	2.880859	5.3193294	2.678223
3.4124	7.57E-02	4.41604706	2.700195	5.4196941	2.680664

附錄七　Trimming Rules（削剪規則）：

1. Rule A: Function Carrier can be trimmed if we remove the Object of its useful Function

   規則 A：功能載體能被削剪，如果物件的有用功能能被移除。

2. Rule X: Function carrier can be trimmed if its useful function is no longer needed

   規則 X：功能載體能被削剪，如果物件的有用功能不再需要。

3. Rule B: Function Carrier can be trimmed if the Object of Function performs the Useful Function itself. (Self service)

   規則 B：功能載體能被削剪，如果物件的有用功能能自行產生。

4. Rule C: Function Carrier can be trimmed if another Component performs its useful function

   規則 C：功能載體能被削剪，如果另一元件能提供有用功能。

5. Rule E: Function carrier can be trimmed if the function can be performed the same or better by a new or an alternative part providing enhanced performance or other benefits (such as lower cost).

規則 E：功能載體能被削剪，如果可由一新的元件或其他元件提供加強或有其他效益（如降低成本）的有用功能。