

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生活與應用科學(一)科

第二名

082806

感震防盜門鎖的可行性探討

學校名稱：臺北市大同區日新國民小學

作者：	指導老師：
小六 蘇冠宇	吳叔鎮
小五 李泳箴	鄭千佑
小五 翁嫚婉	
小五 吳岱恩	
小四 翁維德	
小四 高瑩珊	

關鍵詞：感震門鎖、加速度、地震

摘要

住在臺灣很難避免受到地震的威脅，當地震發生時，有許多家庭因為門窗變形而無法順利逃出建築物，本研究探討一能在地震發生時自動開門的「感震防盜門鎖」之可行性，我們從文獻探討了解地震的分級與加速度有關，進而利用加速度感測的功能進行作品設計，首先為了能在5級以上地震發生時自動開門而進行第一代「感震門鎖」設計與製作、為了防止小偷入侵而改良的第二代「感震防盜門鎖」及能夠由中央控管系統自動開啟建築物所有門鎖的第三代「分離式感震門鎖」，最後經過校正及地震模擬實測，確認三款門鎖都可以有效偵測地震並將門開啟，最後經過與第一線消防人員訪談後，證明本研究作品對於居家防震的準備是具有可行性的。

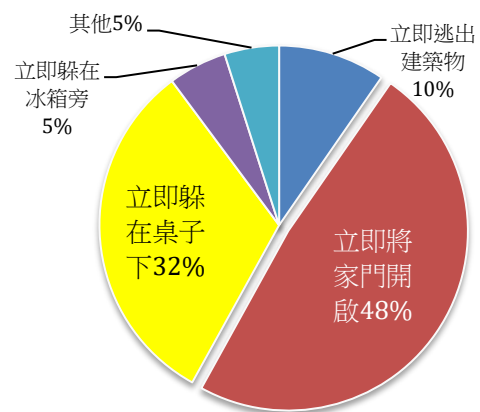
壹、研究動機

昨天晚上又發生了一次地震，真是好可怕！隔天同學們開始熱烈討論碰到地震時，第一時間的反應是什麼，有人說他們家大家集合在冰箱旁邊蹲低，因為萬一被困住，還有冰箱裡的食物可以救急，也有人說他們家人會先去將門打開，以免門框變形出不去，也有人說他們家會直接跑出住家，以免房子倒下來，做法太多，同學們都議論紛紛，也讓我們對地震來臨的第一時間該做什麼事而覺得不知所措。

為了要獲得更清楚的資訊，我們搜尋了與地震防護的相關資料，根據內政部消防署網站中的建議，當地震來臨時，第一時間應該要立即躲到桌子下然後進行「扒下、掩護、穩住」的動作，這與我們在學校內進行防災演練是一樣的，可是為什麼在學校裡面的做法是躲在桌子下，回家後大家的做法就變得不一樣？我們決定先進行一份問卷調查來了解大家對「地震來臨時的第一時間反應」的做法。

我們的問卷對象是針對全臺灣不分年齡的民眾，最後我們共回收了 1119 份有效的問卷結果，我們發現，當地震來臨時，**只有 32% 的民眾會立即躲在桌子下**（黃色區，消防署建議），而**有高達 48% 的民眾會立即將門開啟，以避免門框變形而無法逃生**。

我們再進一步去了解不同學歷的人們在不同做法的比例分布會有什麼差別，我們發現會選擇「立即躲在桌子下」的民眾，竟然是國小學生的比例最高，而高中職以上的民眾，大多是選擇「立即將家門開



啟」，這樣的結果可以告訴我們，從近年來國小階段開始教導學生的防災演練是有意義的，而大多數高中以上的民眾仍然是採用較不正確的避震方式。

學歷	立即逃出建築物	立即將家門開啟	立即躲在冰箱旁	立即躲在桌子下	其他	有效問卷數
博士畢業	25.00%	31.25%	0.00%	31.25%	12.50%	16
研究所碩士畢業	8.29%	47.15%	5.18%	32.12%	7.25%	193
大學大專畢業	9.31%	55.12%	6.33%	24.39%	4.84%	537
高中高職階段	10.39%	52.60%	4.55%	26.62%	5.84%	154
國中階段	13.46%	32.69%	9.62%	42.31%	1.92%	52
國小階段	8.98%	31.14%	1.80%	56.89%	1.20%	167

消防人員建議要先躲在桌子下保護頭部，等地震結束後再做開門、逃生的動作，可是明明知道發生地震時，要保護好自己的頭部，又擔心門框變形導致無法順利逃生。

假設，當地震來臨時，大家在進行「扒下、掩護、穩住」動作的同時，又能夠透過自動化的方式進行開門，是不是更可以提高震後存活的机会，因此，我們決定從「地震與門鎖」的角度出發，嘗試解決這個問題。

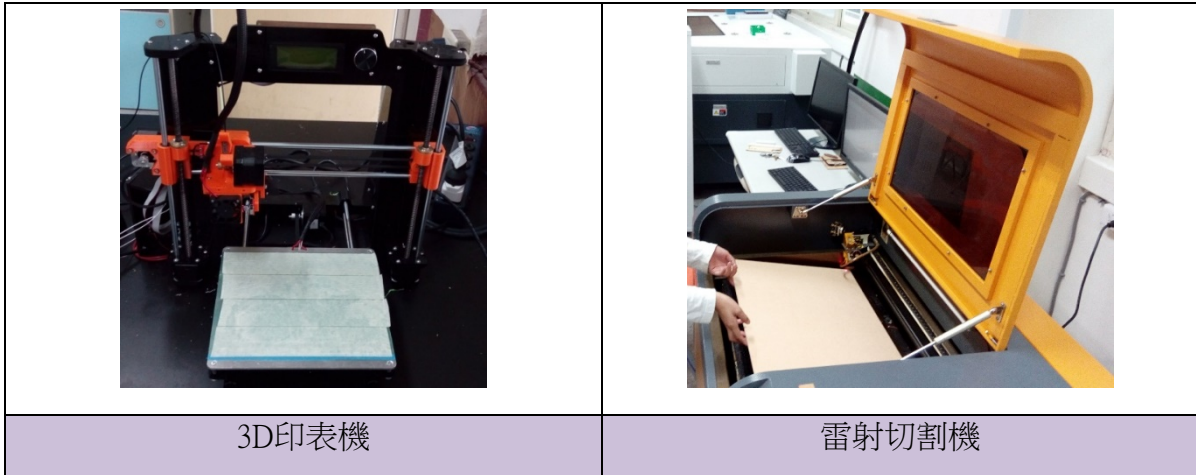


貳、研究目的

- 一、了解地震的應變流程及分級條件。
- 二、感測地震方式的探討。
- 三、探討「感震自動開門鎖」的可行性。
- 四、防盜機制的設計。
- 五、探討「分離式感震門鎖」的設計與製作。
- 六、感震門鎖於震時應變的可行性探討。

參、研究設備及器材

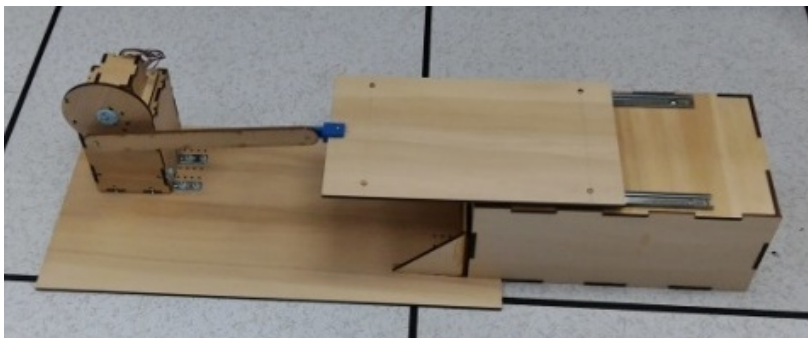
一、應用到的工具設備：3D印表機、雷射切割機



二、使用到的材料：木板、Arduino、microbit、紅外線感測器、彈簧、齒輪、線圈、磁鐵、粗吸管。

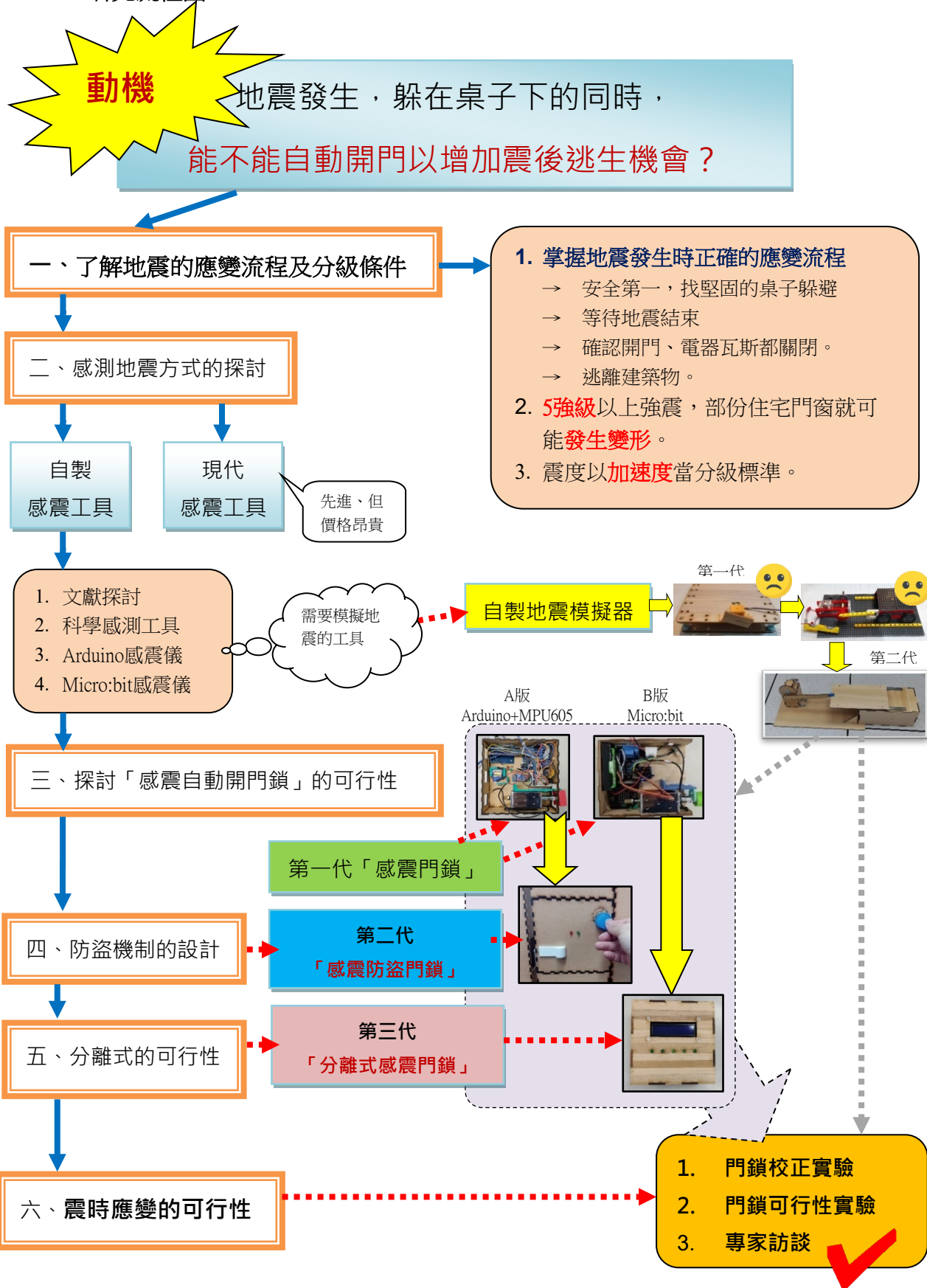
三、研究中運用到的軟體：TinkerCAD（3D建模）、Cura（轉成可以印的檔案）、Inkscape（畫向量圖）、Motoduino程式積木、Makecode程式積木。

四、自製的研究工具：地震模擬器



肆、研究過程與方法

一、研究流程圖

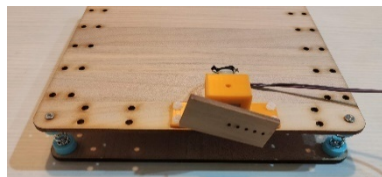


二、研究工具準備與製作

為了在接下來研究中測試感震工具，我們需要一個可以穩定製造振動的工具，於是著手製作地震模擬器，以下是製作過程。

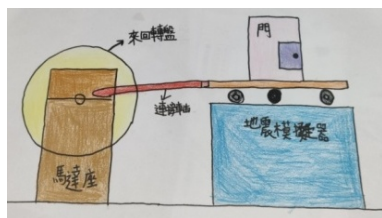
1. 第一代地震模擬器


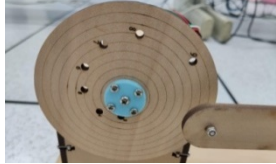


我們曾經在五年級自然課中做過「抖抖獸」玩具，我們利用它「一直振動」的特色來製作模擬器，但是因為無法調整振動幅度、無法放置太重物品、無法測試單一方向的振動數值，所以淘汰第一代模擬器。



2. 第二代地震模擬器

參考網路上模擬器的相關影片，考慮到可以單向來回的模擬，我們決定往左右搖動的傳動模擬器進行實作，右方是初代設計圖，經過了許多零件更換測試，最後製作出第二代地震模擬器，說明如下：



			
利用壞掉的電腦桌鍵盤抽屜滑軌來製作第二代。	安裝在馬達上的傳動轉盤，中間用自製零件固定。	更換多種馬達，到第5次才找到馬力較大的直流馬達。	利用程式控制達成穩定輸出馬達轉速的功能。

實作紀錄：

- 傳動盤上，不可以裝到太大的半徑，以免轉不動。
- 不能使用電池盒組供電，實驗時轉速會越來越慢，不穩定；要使用交流電變壓器供電，才能穩定提供電源。
- 改程式控制的方式輸出電量以改變馬達轉速，又可以看到現在輸出多少數值。
- 成功製作出可以穩定製造振動並用於測試感震門鎖的地震模擬器。
- 轉速定義：本研究轉速是以micro:bit 中的速度設定區間（0~100%）進行設定，以50%為例，連接12V電壓電源，實際給馬達的是 $12 \times 0.5 = 6$ (V)。



三、研究設計與方法

(一)、了解地震的應變流程及分級條件。

1. 研究方法：文獻探討
2. 研究過程：為了了解地震發生時正確的應變流程及地震分級的條件，我們先從文獻探討進行資料整理。
3. 待解問題：
 01. 地震發生時的應變流程有哪些？
 02. 地震震度是用什麼方式進行分級？

(二)、感測地震方式的探討。

1. 研究方法：文獻探討、實作
2. 研究過程：
 01. 以文獻探討了解現代感測地震的方法為何。
 02. 透過實作方式自製感震工具，了解自製感震工具的優點及缺點，然後評估是否應用於「感震門鎖」的設計。
3. 待解問題：
 01. 現代是用什麼方法來進行地震感測？
 02. 我們自己可以製作感測地震的裝置嗎？

(三)、探討「感震自動開門鎖」的可行性。

1. 研究方法：文獻探討、實作、實驗
2. 研究過程：
 01. 利用文獻探討了解當前是否有「感震自動開門鎖」的相關研究。
 02. 先後針對門栓、感震門鎖及門板進行實作研究。
 03. 將門鎖與門板結合，並利用地震模擬器測試是否能順利開啟門鎖。
3. 待解問題：
 01. 「感震自動開門鎖」的相關研究有哪些？
 02. 「感震裝置」與「門鎖」結合可行嗎？
 03. 自製的感震門鎖是否能順利運作？

(四)、防盜機制的設計。

1. 研究方法：實作、實驗
2. 研究過程：
 01. 以第一代A版感震門鎖為基礎，加入防盜功能的設計。

02. 將製作完成的「感震防盜門鎖」進行感測實驗。

3. 待解問題：「感震門鎖」是否能防止小偷入侵？

(五)、探討「分離式感震門鎖」的設計與製作。

1. 研究方法：實作、實驗

2. 研究過程：

01. 以第一代B版感震門鎖為被控端，開發新一代分離式感震門鎖。

02. 將製作完成的「分離式感震門鎖」進行實驗測試。

3. 待解問題：「感震門鎖」是否能採取主機與門鎖分離的方式設計？

(六)、感震門鎖於震時應變的可行性探討。

1. 研究方法：實驗、校正、專家訪問

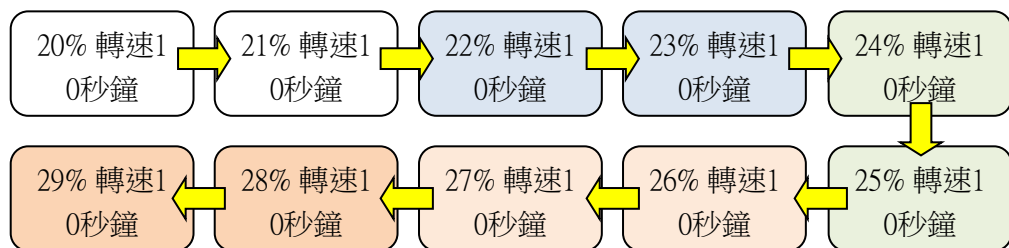
2. 研究過程：

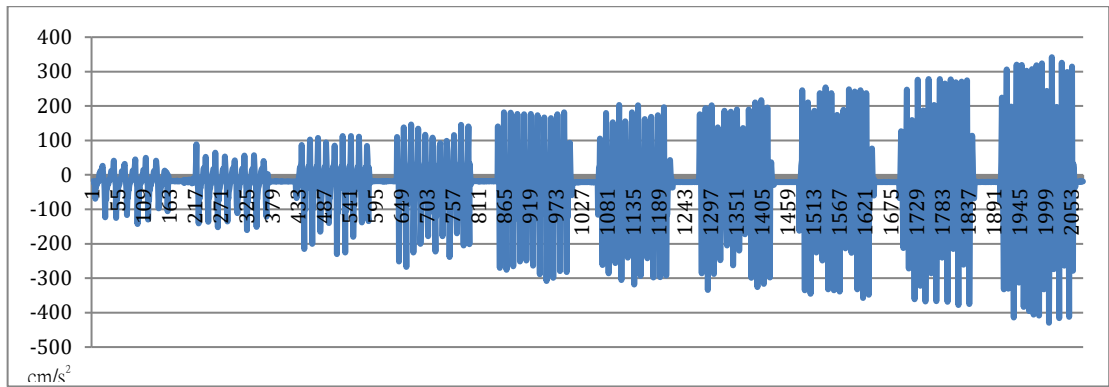


01. 利用手機APP — Arduino Science Journal當做校正標準，分別將三款感震門鎖以地震模擬的方式進行數據收集與比對。

02. 將比對完成的數值重新輸入於三款感震門鎖。

03. 以地震劇本測試三款感震門鎖的可行性，劇本示意如下：





Arduino Science Journal - X軸感測結果示意圖

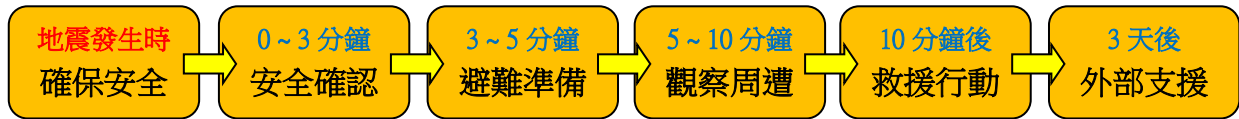
04. 分別將手機APP值與門鎖感測值之整體數值轉換為折線圖，兩張圖進行型態比對，確認兩張圖形態相近。
 05. 以專家訪談的方式確認三款感震門鎖是否具備震時應變的功能。
3. 待解問題：
01. 自製「感震門鎖」的感測數值是否準確？
 02. 自製的「感震門鎖」是否有助於地震來臨時的應變與逃生？

伍、研究結果

一、了解地震的應變流程及分級條件

結果：

透過文獻探討，參考內政部消防署「地震防災」資訊「地震應變時序」資料如下：



生命比什麼都重要，當地震發生時，應該要先注意自己的安全，因此先找一個堅固的桌子躲避是第一時間要做的事，當地震結束後，才開始開門或檢查電器或瓦斯是否都關閉，然後準備逃離建築物。

地震波的振動幅度越大，就會對們造成越大的傷害，中央氣象局就在109年1月開始將地震分成了9級，以下是中央氣象局震度分級表資訊：

震度	0級	1級	2級	3級	4級	5弱	5強	6弱	6強	7級
加速度 cm/sec ²	0.8	2.5	8.0	25	80	140	250	440	880	
速度 cm/sec					15	30	50	80	140	

(速度劃分，已考慮加速度實際之影響)

以上資訊引自：交通部中央氣象局新聞稿。

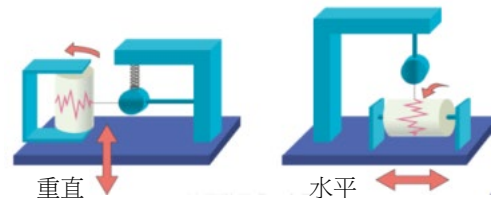
發現：

1. 地震發生第一時間先保護自己，等結束後才做安全確認。
2. 地震震度在5強級強震（加速度 140 ~ 250 cm/s²）以上，部份住宅的門窗就可能發生變形。
3. 地震震度在計算的過程中，是讀入地震儀3個方向的加速度資料進行計算。
4. 地震震度分級是利用「加速度 (cm/s²)」這項數值當做分級的標準。

二、感測地震方式的探討

(一)、文獻探討—現代是用什麼方法來進行地震感測？

結果：



面有相對運動的關係，依照重錘擺動

方向可以紀錄到**水平和垂直方向**的地動，分成X、Y、Z三個方向感測。

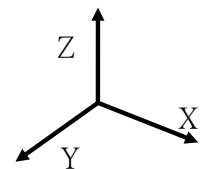
2. 市售地震預警監測儀可以偵測地震的 X、Y、Z 三軸的振動，但非常昂貴。
3. 中央氣象局設置的地震感測儀在可以用來收集地震數值，可以偵測地震 X、Y、Z 三軸振動，可從網站上查詢歷史資料。

		
市售地震預警監測儀	中央氣象局設置在校園內的地震測報觀測站及內部監測儀器 (SMART24A+)。	

- 圖片1來源：地震預警監測儀。
- 圖片2來源：自攝。
- 圖片3來源：花蓮地震氣象局強震資料初步彙整。

發現：

1. 2種工具，都是偵測X、Y、Z三軸向的加速度，進一步去了解X Y Z所代表的意涵，發現它們分別代表**不同的方向**。
2. 市售地震預警監測儀太貴，不適合本研究當做本研究的研究工具。
3. 中央氣象局網站提供的地震資料是非即時的資料，不適合應用在即時反應的作品上。




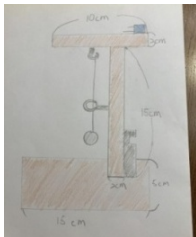
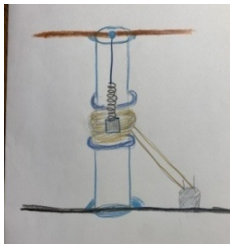

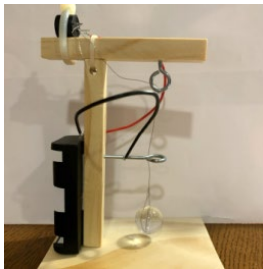
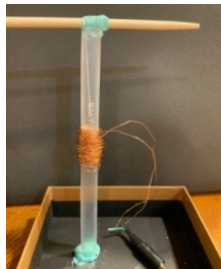
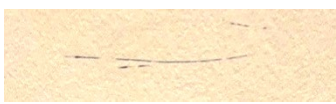
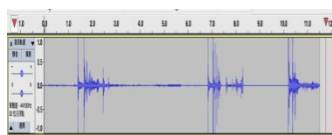
思考：

如果市售產品與中央氣象局的資料都不適合拿來研究，以自製感震工具來進行研究是否可行？

(二)、實作—我們自己可以製作感測地震的裝置嗎？

※ 實驗 2-1：自製簡易感震工具實驗

結果：

名稱	擺錘感震工具	觸電發聲感震工具	電磁感震工具
設計圖			
實作後的成品			
原理	地心引力	地心引力、導電原理	地心引力、電磁原理
研究結果		有聲音／無聲音	

發現：

1. 擺錘感震工具：可偵測左右震動，震度再大也只能畫到中間部份，偵測效果不佳、無法偵測上下震動、無法數據化。
2. 觸電發聲感震工具：具有提醒功能，可偵測左右震動，無法偵測上下震動，無法數據化。
3. 電磁感震工具：可偵測上下震動，要一直連接電腦，無法偵測左右震動，無法數據化。

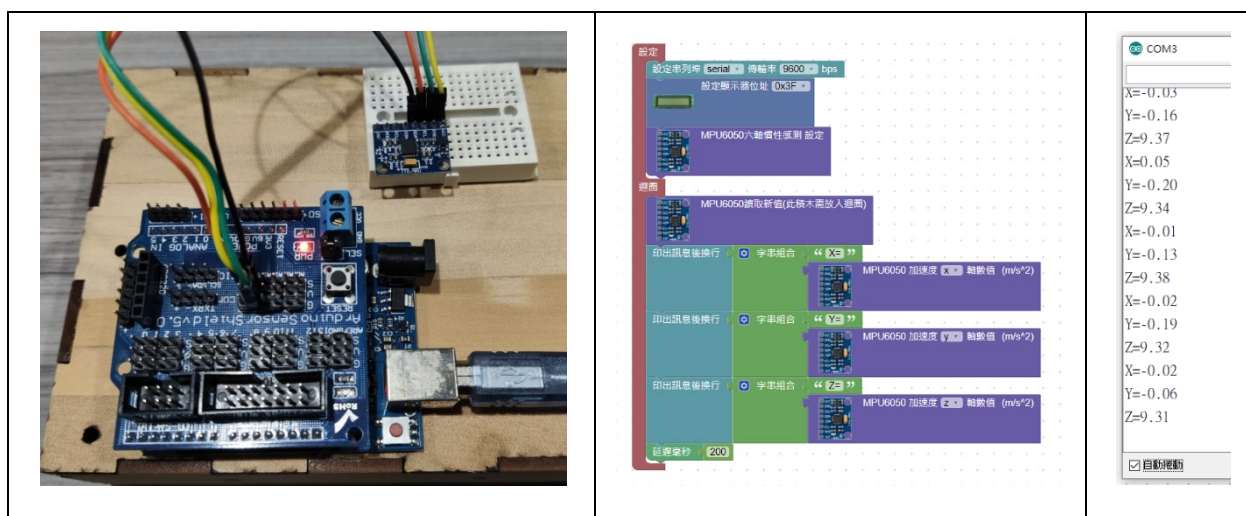
思考：

1. 以上三種自製感震工具無法區分出X、Y、Z三個振動方向，精準度也都不好，我們開始思考從「**電路控制DIY**」類的地震儀的方向前進。
2. 參考：研究目的一的結果，以「**加速度 cm/s^2** 」當做感震工具的判斷依據，及研究目的二的探討以**XYZ三軸為感震結果**，經過「**加速度**」、「**XYZ三軸**」關鍵字搜尋後，我們找到MPU6050「**三軸加速度感測器**」。

※ 實驗 2-2：以Arduino +MPU6050製作地震感測工具

我們以MPU6050「三軸加速度感測器」與Arduino著手進行研究。

結果：



上圖左：將 Arduino 與 MPU6050利用麵包板進行連接組裝。

上圖中：利用 Motoduino 進行程式設計，然後測試感測器偵測XYZ的結果。

上圖右：將XYZ加速度值顯示在視窗上，單位是 m/s^2 ，在靜止不動的情況，X、Y軸數值接近0，Z軸會有約 9.x 的數值。

發現：

1. Arduino + MPU6050進行製作，感測器擺放方向會影響它原本的加速度值，經過移動會出現加速度值的改變，這項做法可以用來感測地震震度。
2. Z軸會有約 9.x的數值，進一步了研究，發現是受到地心引力吸引形成一個固定向下的重力加速度值 (m/s^2)。
3. m/s^2 是國際通用的加速度單位，是「速度隨時間變化」的數值，m是公尺，s是秒，單位的意義是「每秒之內一物體移動速度的變化值」

思考：

1. Arduino + MPU6050可以用來進行感震門鎖的設計。
2. 我們發現電腦課中所學習的Micro:bit也有加速度感測器，是不是也可以做出類似功能？

※ 實驗2-3：以 Micro:bit 製作地震感測工具

結果：

		
<p>Micro:bit硬體，加速度感測器已經內建在裡面。</p>	<p>利用Makecode 進行程式設計。</p>	<p>Makecode顯示系統監控顯示出來的結果。</p>

發現：

1. Micro:bit可以利用內部的加速度感測器及「顯示系統監控」功能來紀錄地震震度的數值。
2. 不管是 Arduino + MPU6050還是 Micro:bit，它們都是用 X、Y、Z三個方向來測加速度，但是兩個數值單位不同，Arduino+MPU6050顯示出來的單位是： m/s^2 ，Micro:bit 顯示的單位是： mg 。
3. 物體在地球上會受到的一個來自地心引力吸引的力量，這個力量會對物體自然形成一個向下的加速度 9.8 m/s^2 ，所以 MPU6050 與 Micro:bit 的Z軸都有一個向下的加速度值。

思考：

相關資料表示—如果在 Micro:bit 上面顯示1024，代表它是一個理想的重力加速度值 $g (9.8 \text{ m/s}^2)$ ，代表在 Micro:bit 是用類比訊號模擬的方式來表現加速度的數值，如果要求得更精準的數值，要透過換算才可以獲得精準資料。

三、探討「感震自動開門鎖」的可行性。

(一)、文獻探討—「感震自動開門鎖」的相關研究有哪些？

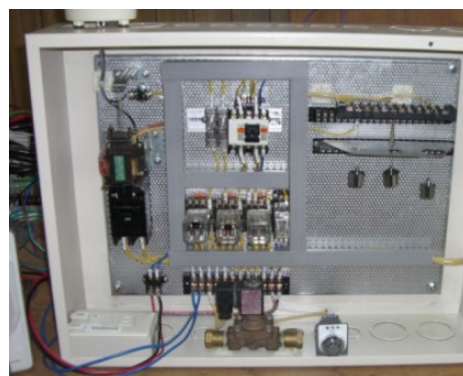
結果：

民國81年國中組地球科學科「地牛翻身—簡易地震模擬器與感應器的製作與操作」研究中，作者利用斜面物體滑落，撞擊底部有支撐彈簧的平面方式來模擬地震的發生，「地震感應器」是用不同大小鋼珠受到震動後掉落到一個電路中，通路後會發光、聲響反應，然後利用水濺出情形與中央氣象局的震度分級比對。



感應器	比較	我國中央氣象局震級
小震	約為	1、2、3級地震
中震	約為	4級地震
大震	約為	5、6級地震

民國95年高職組電機資訊科「地震自動斷路器」研究中，作者利用自製的感測器及斷路器來控制家中電路，可以在發生地震時將家中電路關閉。



發現：

1. 第一篇研究與本研究都有自製地震模擬器與自製感震工具的部份，雖然使用的原理與技術都不相同，但是在利用現有科學資料比對的方式很值得學習。
2. 這件作品的硬體、原理與技術已經超過我們的學習，但是在作品設計的過程，可以提供給我們參考。

思考：

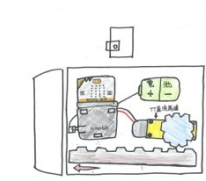
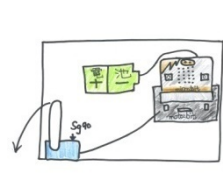
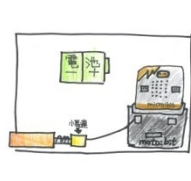
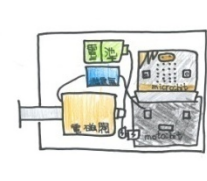

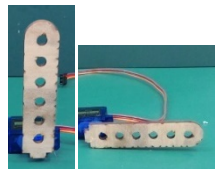

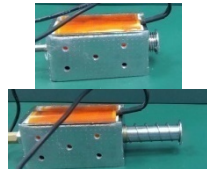
以上2篇研究與本研究所探討的內容不同，但是在研究的方法與過程值得我們學習，可以作為本研究在進行實驗時的輔助參考資料。

(二)、實作—「感震裝置」與「門鎖」結合可行嗎？

在探討完相關的研究之後，接下來，我們依照門的構造分成「門栓形式」、「整合感震的門鎖」及「門板整合」這三個研究階段進行探討。

※ 實驗3-1：門栓開關機制的研究

結果：

形式	齒輪齒條組	伺服馬達組	螺旋傳動組	電磁閥繼電器組
設計圖				
組成結構照片				
組成說明	利用齒輪與齒條製作，以馬達轉動齒輪	利用伺服馬達轉動到特定角度的特性進行製作。	利用螺絲螺紋特性，一直轉就可以把長條來回。	利用電磁鐵通電後吸引鐵棒的特性，

發現：

1. 齒輪齒條組：材料準備與組裝都很方便，但是反應的動作很慢。
2. 伺服馬達組：伺服馬達佔用空間小，具有動作快的優點，但是支點在轉軸上，轉動的力量不足，內部齒輪也容易損壞。
3. 螺旋傳動組：佔用的空間小，利於安裝，但是反應動作慢。
4. 電磁閥繼電器組：具有動作快的優點，缺點是佔用空間大，電磁鐵重量很重。

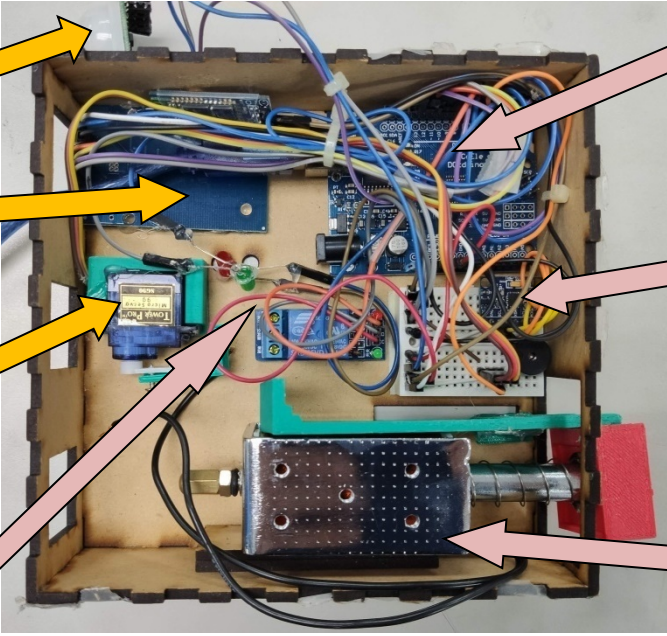
思考：

以上四種方式都需要連接電路，思考到安全問題—「如果沒有電時，門能不能打得開？」這個問題，除了電磁閥可以在沒電時用手直接打開，其他3種都是需要有電才能夠打開，後來我們決定採用第4項—電磁閥與繼電器的做法進行製作。

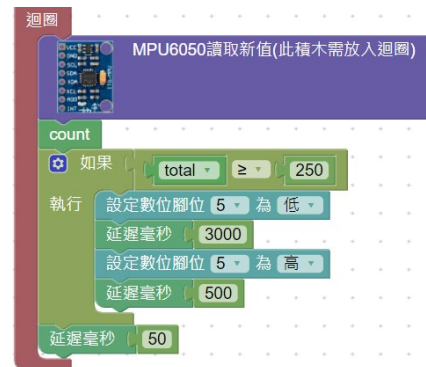
※ 實驗3-2：整合感震的門鎖研究

● A版—Arduino + MPU6050版門鎖

結果：

人體紅外線感測器 第二代起加入使用		Arduino 開發板 第一代起採用
RC-522 讀卡模組 第二代起加入使用		MPU6050三軸加 速度感測器 第一代起採用
SG90 伺服馬達 第二代起加入使用		自製3D門栓 第一代起開始設 計與調整
繼電器與 LED 第一代起採用		12V電磁閥 第一代起採用

1. 將Arduino、MPU6050與相關零件進行組裝。
2. 利用Motoduino 進行程式設計，先呼叫count加速度計算副程式，如果加速度計算值total >250 則開啟門鎖，3秒後回復門鎖，每50毫秒更新一次偵測迴圈。

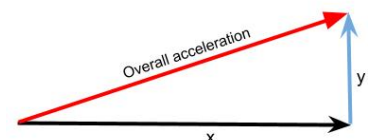
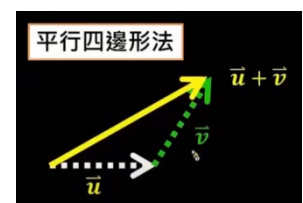


發現：

1. 可以控制 Arduino 的程式設計介面有很多種，但是經過實際檢查與測試，只有 Motoduino 有內建MPU6050程式積木。
2. 本研究使用的繼電器是低電位觸發，數位設定為0是開啟，1是關閉。

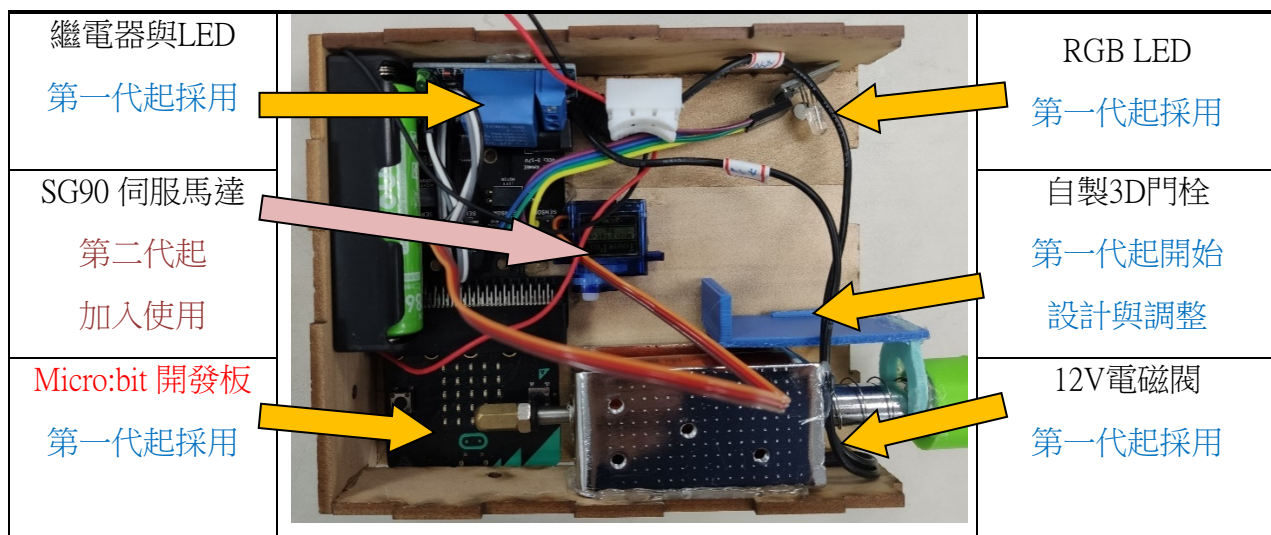
思考：

X、Y、Z三個加速度數值都是具有方向性的值，三個方向的加速度值最後要結合為「合成向量加速度值」，可以利用「平行四邊形法」進行向量的相加。又因為X、Y、Z三軸都是呈現直角，因此再利用「畢式定理」的方法將合成向量計算出來。



● B版—Micro:bit 版門鎖

結果：



1. 利用3D列印完成部份配合零件，再將Micro:bit 與相關零件進行組裝。
2. 利用Makecode 進程式設計，參考右圖，先呼叫count加速度計算副程式，每50毫秒更新一次偵測迴圈，如果加速度計算值total >250 則開啟門鎖，3秒後回復門鎖。
3. 完成B版—Micro:bit 版門鎖的設計與製作。



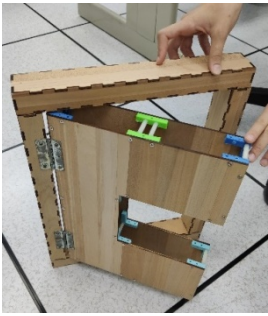
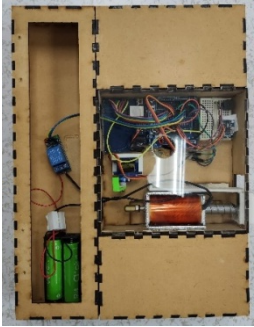
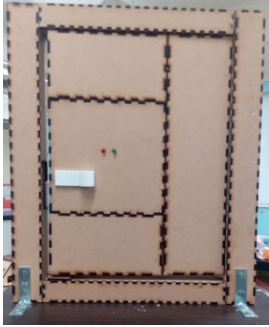
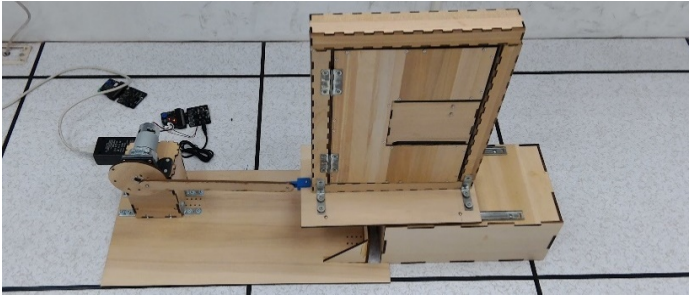
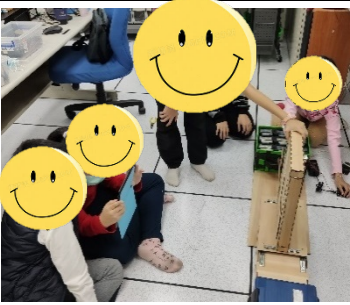



發現：

Micro:bit 的加速度值是以類比方式模擬（1024 = 1g），為了精準，我們將數值還原計算，先將取得的數值除 1024，再用1個加速度 g 的值還原，再從 m/s^2 換算成 cm/s^2 ，所以乘980（ 9.8×100 ）。

思考：

1. 開發板與擴充板的形狀、體積會影響作品零件的固定位置，比起Arduino，Micro:bit 因為體積小，所以比較容易進行門鎖內部的設計。
2. 不同的加速度感測器，呈現出來的加速度單位不一樣，在進行比較前一定要先確定兩種單位是一樣的。

結果：

		
<p>將門板固定在門框上</p>	<p>門鎖與門板結合</p>	<p>完成安裝的整套「門」</p>
		
<p>啟動地震模擬器以自動來回的方式進行實驗。</p>		<p>實驗過程</p>
		
<p>感震開門實驗影片 加速度變大後開門</p>	<p>感震開門實驗影片 近距離拍門栓開啟畫面</p>	<p>感震開門實驗影片 斜上方角度拍攝</p>

發現：

1. 經過地震模擬器的測試實驗後，A版與B版的門鎖都能在加速度合成向量 $> 250 \text{ cm/s}^2$ 時，順利開啟門鎖。
2. 在實驗的過程中，隨著馬達轉動速度越來越快，門框逐漸出現左右變形的情況，最後因承受不了，門框接合點斷裂，此現象代表一門框是整個門板系統中最脆弱的部位。

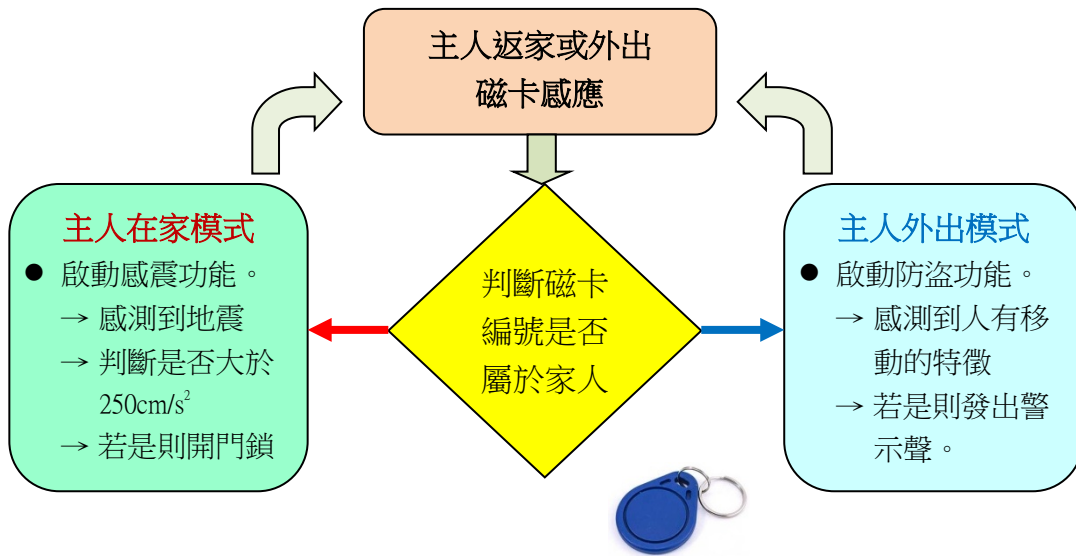
思考：

如果地震來就能開鎖，那麼如果有小偷要來偷東西，是不是只要大力的搖門就有可能打開門鎖呢？因此，我們將進一步思考製作「防盜功能」的可行性。

四、防盜機制的設計

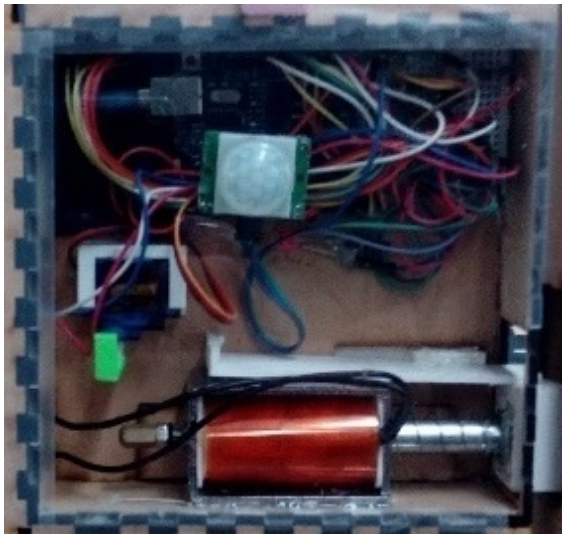
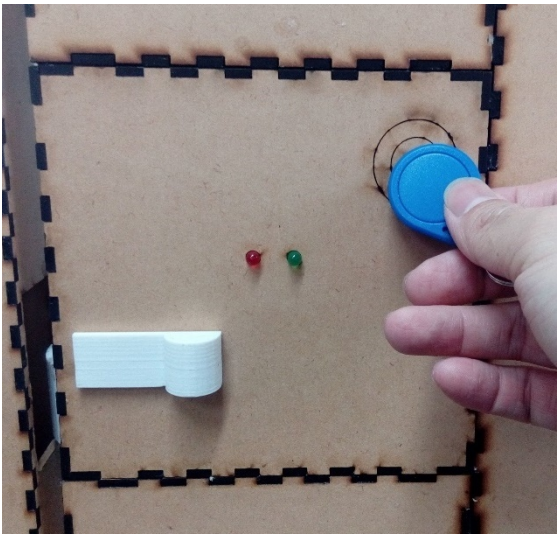
實作—「感震門鎖」是否能防止小偷入侵？

針對防盜機制的設計，在經過多次討論後，我們整理出以下處理方法：



※ 實驗4-1：感震防盜門鎖的設計與製作（第二代，以A版為基礎）

結果：

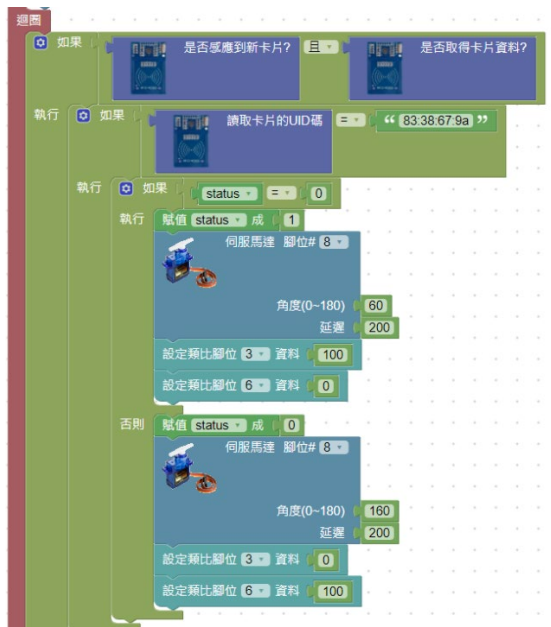
	
具有RFID 磁扣感測及人體紅外線功能的感震防盜門鎖（家門內側）。	門鎖外側有可以用來給RFID 感測的位置，及手動門栓、LED等。

1. 將RFID 模組及人體紅外線模組整合到第一代A版的感震門鎖中。
2. 在沒有新增防盜功能前，門鎖的把手可以直接用手滑動開啟，而為了增加防盜功能，把手內部就必須在開啟防盜時鎖住，經過多次測試，我們後來以伺服馬達轉動角度方式克服這個問題。

3. 完成第二代—「感震防盜門鎖」。

程式說明：

1. 感測是否有卡片接觸讀卡機，如果有，比對一下卡片的編碼是否與原設定值相符，如果符合，就切換門鎖狀態，如果原本是出門狀態就變成有人在家狀態。
2. status = 1 切換到外出狀態：將伺服馬達轉向，鎖住手動門栓，亮紅燈，關綠燈，status = 0 切換到有人在家狀態：將伺服馬達轉向，開啟手動門栓，關紅燈，亮綠燈。
3. 如果現在是有人在家狀態，更新加速度感測值，啟用感震門鎖功能，跟前面的說明相同。
4. 如果現在是主人外出狀態，啟用人體紅外線感測器進行室內人體偵測，如果有感測到人，就發出蜂鳴器叫聲。



發現：

1. 磁扣的編號要先感測查詢，然後寫入到程式中，以作為判斷依據。
2. 經過實測後，磁扣感應，然後切換模式，主人在家時可以啟用感震門鎖功能，主人不在家時，就啟用防盜偵測功能。

思考：

三軸加速度感測器裝在門鎖上，如果有人故意去搖門，會不會造成誤判呢？假設感測系統不是在門鎖裡面可行嗎？如果可行，是不是就可以用一個感測系統，直接無線傳輸，通知所有的門都打開呢？」。

五、 探討分離式感震門鎖的可行性

「如何透過一個裝置同時控制很多不同的裝置」，我們曾在電腦課學習到—利用 micro:bit 的廣播功能發送訊息，只要在同一個群組裡，就都能收到訊息，由於Arduino沒有廣播功能的設計，所以我們決定以 第一代B 版的感震門鎖進行延伸設計。



實作一「感震門鎖」是否能採取主機與門鎖分離的方式設計？

※ 實驗5-1：分離式感震門鎖的設計與製作（第三代，以B版為基礎）

結果：

		
分離式感震門鎖的感測主機系統的內部，我們採用Micro:bit、LED、LCD螢幕、蜂鳴器等進行製作。	製作一個木盒，將零件裝配完成，螢幕可以顯示感震狀態，LED代表現在有與系統連上線的門鎖。	以第一代B的門鎖當作被控制端，不具有感測功能，開電源後，等待主機端傳送開鎖命令過來。

1. 配合第一代B版的感震門鎖，第三代「分離式感震門鎖」主機系統可以放置在任何位置的平面上，沒有放置地點的限制。
2. 利用Micro:bit 設計第三代「分離式感震門鎖」的主機系統，並結合 第一代B 版感震門鎖作為被控制端，經過實測之後，感測系統可以在感測到地震之後發送訊息，讓門鎖開門。

主機端程式說明：

1. 在主程式中，持續更新感測地震的加速度值，如果計算出來的整體加速度大於或等於 250 cm/s^2 （震度5強以上規模），就發出廣播訊號666給家中所有的門鎖。
2. 更新LCD螢幕，同時也發出警報聲。



門鎖端程式說明：

1. 廣播群組要跟主機系統設在同一個群組中。
2. 如果接收到訊息666，就執行開啟門鎖的動作。繼電器與電磁閥會開啟2秒，然後關閉。



發現：

1. 如果家中所有的門都改成這種門鎖系統，在5級以上強震發生的同時，「分離式感震門鎖」主機系統可以利用無線傳輸的方式，立即將家中所有的門鎖開啟，以利進行震後逃出的動作。

思考：

1. 以本研究所使用的 Micro:bit 為例，最大有效距離70公尺內，一個廣播群組最多可以同時控制255個單元，也就是說，如果把「分離式感震門鎖」應用於學校或是大樓，更能夠發揮「震時應變」的效果。
2. 本研究先後設計出三款功能不同的「感震門鎖」，為確認本研究作品在地震來臨時，是否具備震時應變之功能，在本階段進行三款感震門鎖感測校正、比對實驗與專家意見回饋。。

六、 感震門鎖於震時應變之可行性探討，

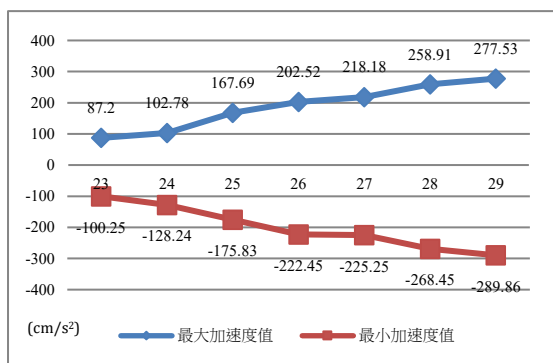
(一)、 實驗一自製「感震門鎖」的感測數值是否準確？

※ 實驗6-1：第一代A版、第二代感震門鎖校正實驗

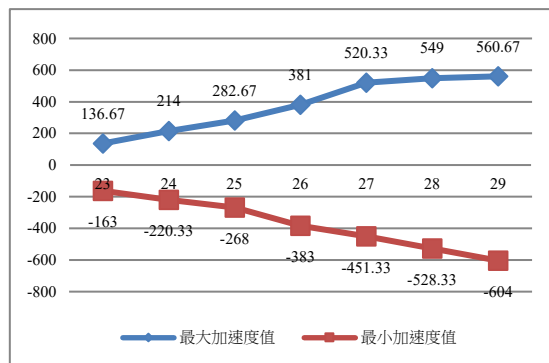
結果：

加速度值 cm/s^2	轉速 %						
	23 %	24 %	25 %	26 %	27 %	28 %	29 %
手機正向	87.2	102.78	167.69	202.52	218.18	258.91	277.53
手機反向	-100.25	-128.24	-175.83	-222.45	-225.25	-268.45	-289.86
一A正向	136.67	214	282.67	381	520.33	549	560.67
一A反向	-163	-220.33	-268	-383	-451.33	-528.33	-604

轉換成折線圖

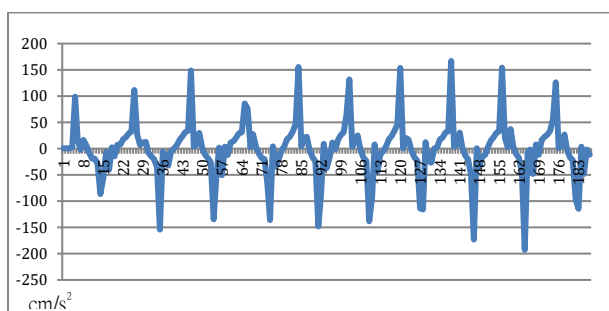


手機APP檢測同步實驗對照數值

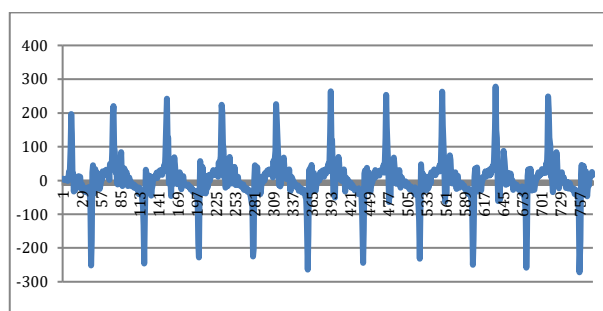


第一代A／第二代感震門鎖同步實驗數值

發現：以手機APP加速度 250 cm/s^2 為標準，經換算，第一代A版感震門鎖的正向對映數值為 499.34 ，反向為 -511.29 （類比值），開啟門鎖的理想速度在 28% 。



手機（25% 速第2次實驗數據）



一代A／二代門鎖（25%第2次實驗數據）

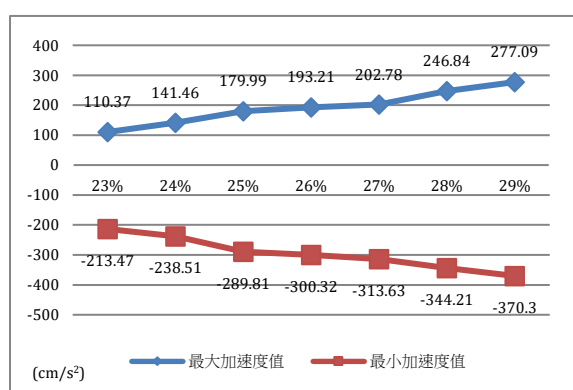
發現：將手機APP與門鎖隨時間變化讀取到的數值轉換成折線圖，門鎖與手機的加速度值在12秒內的振動，都有明顯的10個波峰與10波谷，代表門鎖能感測單向來回振動的變化，並能擷取即時加速度數值。

※ 實驗6-2：第一代B版感震門鎖校正實驗

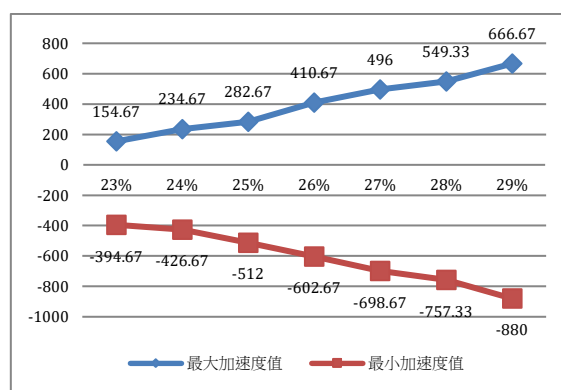
結果：

加速度值 cm/s^2	轉速 %						
	23 %	24 %	25 %	26 %	27 %	28 %	29 %
手機正向	110.37	141.46	179.99	193.21	202.78	246.84	277.09
手機反向	-213.47	-238.51	-289.81	-300.32	-313.63	-344.21	-370.3
一B正向	154.67	234.67	282.67	410.67	496	549.33	666.67
一B反向	-394.67	-426.67	-512	-602.67	-698.67	-757.33	-880

轉換成折線圖

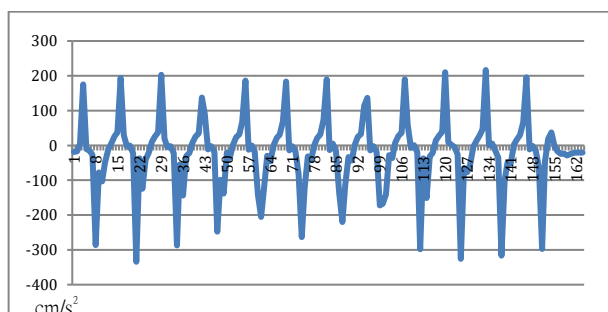


手機APP檢測同步實驗對照數值

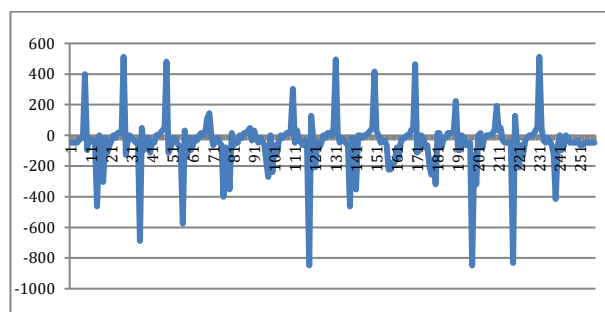


第一代B版感震門鎖同步實驗數值

發現：經實驗後將數值進行手機APP數值比對計算，第一代B版（第二代）感震門鎖的正向對映數值為583.48（速度29%），反向為-507.72（速度25%，類比值）。



手機（27% 速第3次實驗數據）



一代B感震門鎖（27% 速第3次數據）

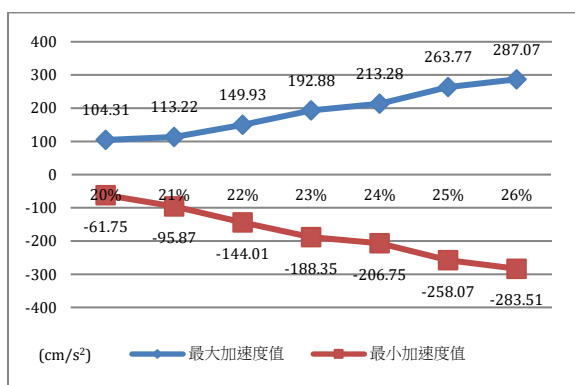
發現：將手機APP與門鎖隨時間變化讀取到的數值轉換成折線圖，在10秒內的振動都有12個波峰與12波谷，代表第一代B版門鎖能感測來回振動的變化，並能擷取即時加速度數值。

※ 實驗6-3：第三代感震門鎖校正實驗

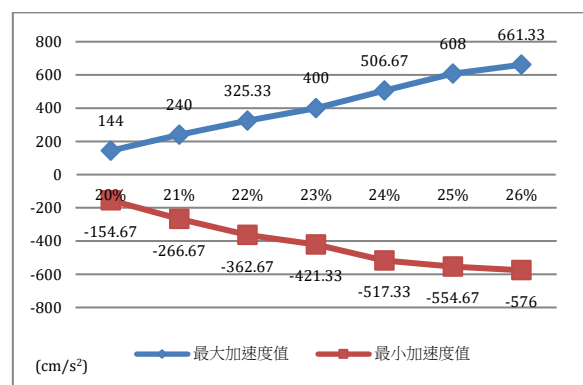
結果：

加速度值 cm/s^2	轉速 %						
	20 %	21 %	22 %	23 %	24 %	25 %	26 %
手機正向	104.31	113.22	149.93	192.88	213.28	263.77	287.07
手機反向	-61.75	-95.87	-144.01	-188.35	-206.75	-258.07	-283.51
三代主機正向	144	240	325.33	400	506.67	608	661.33
三代主機反向	-154.67	-266.67	-362.67	-421.33	-517.33	-554.67	-576

轉換成折線圖

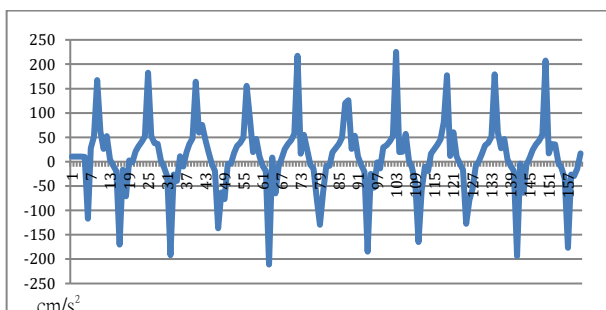


手機APP檢測同步實驗對照數值

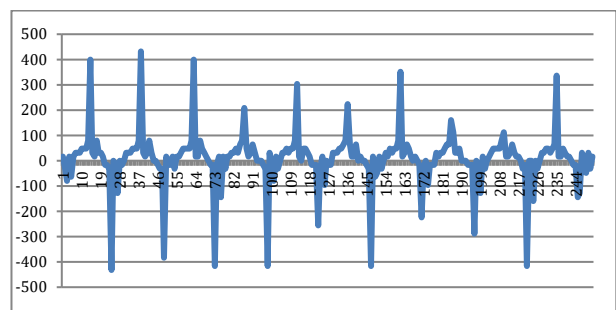


第三代主機感震門鎖同步實驗數值

發現：經實驗後將數值進行手機APP數值比對計算，第三代「分離式感震門鎖」的正向對映數值為661.81，反向為-394.08（類比值）開啟門鎖的理想速度在25%。



手機（24% 速第2次實驗數據）



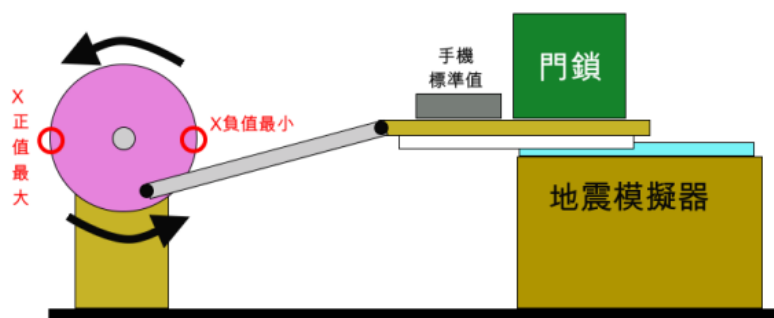
第三代主機（24% 速第2次實驗數據）

發現：將手機APP與門鎖隨時間變化讀取到的數值轉換成折線圖，在形態的部份，兩個物體感測10秒內的振動，都有10個波峰與11波谷，代表第三代分離式門鎖系統能感測來回振動變化，並能擷取即時加速度值。

綜合發現：

1. 手機、第一代A版、第一代B版門鎖、與第三代主機的加速度值，當馬達轉速改變後，不管是正向或是反向的數值，數值的變化都很接近線性關係。
2. 從波形圖來看，手機的波形較和緩且穩定，門鎖（MPU6050、Micro:bit）波峰波谷數值則是比較尖銳。
3. 我們發現以 MPU6050及 Micro:bit 內建感測器對於加速度感測的結果有一些不同，從擷取的加速度感測折線圖來看，MPU6050所擷取的加速度值形態更接近於手機APP所呈現的加速度變化，從Micro:bit 擷取出來的數值則出現高低變化較大的情況，代表在加速度擷取的表現上，MPU6050比 Micro:bit 要好。

綜合思考：



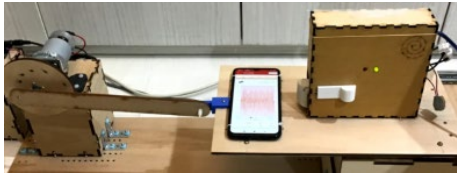


1. 在第一代B版的校正實驗中，地震模擬器所造出來的振動，波谷數值（負值）與中間值的差異明顯比波峰（正值）與中間值的差異要大，經過多次重新實驗也都是相同情形，我們認為這種結果與門鎖在實驗時的重心位置有關。
（第一代B版的重心位置（電磁閥）在上方，離測試平台有約10公分高的距離，而另外2個版本的門鎖重心位置在接近測試平台的位置）
2. 三款門鎖同樣在 250cm/s^2 的情況下，開啟門鎖的馬達轉速卻有不同，我們認為與門鎖的重量有關，在經過測量後，第一代A版（第二代）的重量為881.5 g重，第一代B版的重量為697.5 g重，第一代B版的重量為 239 g重，由於重量不同，拉動平台（含門鎖）達到 250cm/s^2 加速度值的轉速就會不同。
3. 平常門鎖在使用時，所有的門鎖供電都應該連接交流電變壓器的方式進行運作，而大地震發生時有可能會突然斷電，因此，我們在進行實驗時是假設已經斷電的情況下，自動轉成內建的電池進行供電。

※ 實驗6-4：三款門鎖感震可行性實驗

在本階段實驗中，承上的綜合討論，由於第一代B版在實驗時出現正值、負值不同調的情形，第一代B版在實驗 6-4採正向、反向數值分開實驗的方式，以區分兩種數值開啟門鎖的反應是否正確。

結果：

我們在完成三個版本門鎖校正後，將數值設定回三個門鎖後，進行可行性實驗，每個門鎖進行5次開鎖實驗，以確保都能在預設的速度值開啟，結果如下：

門鎖版本	實驗情形	理想觸發轉速	實驗結果
第一代 A版 第二代		28 %	28 %成功開啟
第一代 B版		正：29% 負：25%	正：29%成功開啟 負：25%成功開啟
第三代 主機		25%	25 %成功開啟

發現：

經過三款門鎖感震可行性實驗後，三款門鎖都可以在校正後的預設轉速中進行開鎖，代表本研究三款門鎖都具有實際應用於生活中的可能性。

(二)、專家訪談—自製的「感震門鎖」是否有助於地震來臨時的應變與逃生？

為了確認本研究作品的可行性，我們進一步訪問救災專家，內容如下：

問題	請問以您現場救災的觀點，您認為這樣功能設計的門鎖，能不能有效幫助大家做震後逃生的動作？	
對象	服務單位	回答內容
訪問對象1	A 縣市甲區防災教育館 (行政人員)	有時候逃比較好，有時候不要逃比較好，所以對於有沒有幫助其實不一定。
訪問對象2	B 縣市政府消防局第一大隊 甲分隊 (消防隊員)	我認為可以，有幫助。
訪問對象3	C 縣市政府消防局第一大隊 乙中隊 a 分隊 (消防隊員)	的確會有幫助，這是個不錯的想法
訪問對象4	D 縣市政府消防局第 N 大隊 丙中隊 b 分隊 (消防隊員)	因為地震來的時候要先躲到堅固物體旁，所以應該是有幫助的。

訪問結果：

在訪問過程中，專家了解三款「感震門鎖」的功能後，與我們持續討論，不管是電力、感應，還是結構相關的問題，經過我們的回答，受訪的專家們大多認為本研究作品是可行的，代表本研究三款「感震門鎖」都能有效幫助地震後的逃生。

陸、討論

一、關於感震門鎖在實際運作的供電問題

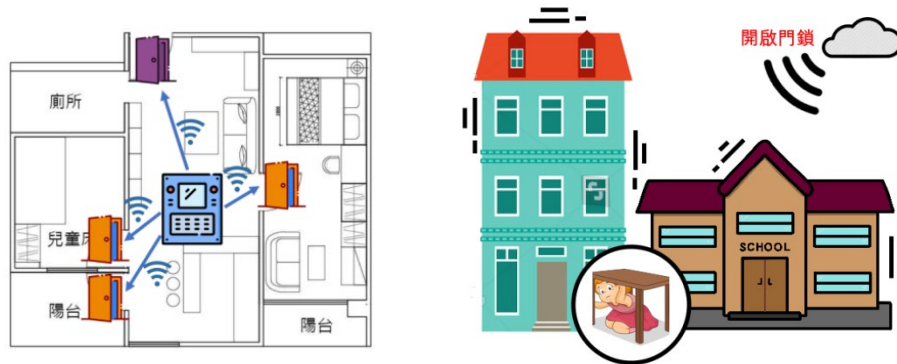
我們預設門鎖在使用時，所有的門鎖供電都是連接交流電變壓器的方式進行運作，但是考量到真實情況一大地震發生時有可能是先斷電，因此，我們在進行實驗時是假設已經斷電的情況下，自動轉由內建的電池進行供電。

二、關於三軸加速度感測器的感測問題

在研究六一門鎖校正實驗的過程中，我們發現MPU6050及 Micro:bit兩種不同感測器對於加速度感測的敏感度有不同，從加速度感測折線圖，MPU6050所擷取的加速度值形態更接近於手機APP 所呈現的加速度變化，從Micro:bit 擷取出來的數值則出現高低變化較大的情況，代表在加速度擷取的表現上，MPU6050比 Micro:bit 要好。

柒、結論

透過「感震門鎖」、「感震防盜門鎖」與「分離式感震門鎖」的研究過程，我們確定這是一個可行的做法，未來，如果家家戶戶、學校、公寓或大樓的門板都裝配備這件作品，一定可以幫助很多人遠離地震的傷害，讓避震逃生更有效率，此外，地震發生的同時，還可能會毀壞瓦斯管線、電線等物品而造成火災等更嚴重的損失，本研究「分離式感震門鎖」主機系統未來可以繼續針對家庭電路、瓦斯輸送管線及家電等進行綜合管理，以避免更多的地震災害發生，希望我們這項研究能夠對大家有所幫助。



捌、參考文獻資料

- ◆ 地震避難方式（無日期）。內政部消防署全球資訊網。取自<https://www.nfa.gov.tw/cht/index.php?code=list&ids=307>
- ◆ 交通部中央氣象局新聞稿（2019年12月18日）。中央氣象局。取自 <https://reurl.cc/rg8d7Z>
- ◆ 地震預警監測儀（無日期）。妙點企業股份有限公司。取自 <https://reurl.cc/R6YdLg>
- ◆ 測站查詢（無日期）。中央氣象局。取自<https://scweb.cwb.gov.tw/zh-tw/station>
- ◆ 花蓮地震氣象局強震資料初步彙整（無日期）。科技部輔助台灣地震科學中心。取自<https://reurl.cc/xG0DM5>
- ◆ 地震百問（2003）。交通部中央氣象局。交通部中央氣象局地震測報中心。
- ◆ Inside the micro:bit Accelerometer（無日期）。Learn.Parallax.com網站。取自<https://reurl.cc/10z0KA>
- ◆ 簡易地震模擬器與感應器的製作及操作（1992）。科展群傑廳 - 全國中小學科展。取自<https://is.gd/SVro55>
- ◆ 地震自動斷路器（2006）。科展群傑廳 - 全國中小學科展。取自 <https://is.gd/wMODHk>
- ◆ Accelerometer（無日期）。UCL's BBC Micro:bit Tutorials。取自<https://microbit-challenges.readthedocs.io/en/latest/tutorials/accelerometer.html>
- ◆ 【觀念】向量的加法—平行四邊形法（2015）。均一教育平台Youtube。取自<https://www.youtube.com/watch?v=fKKimjdEzQ>
- ◆ 孫駿榮（2014）。Arduino 互動設計超入門—用ArduBlock圖形化控制真簡單。台北市：碁峰資訊。

【評語】 082806

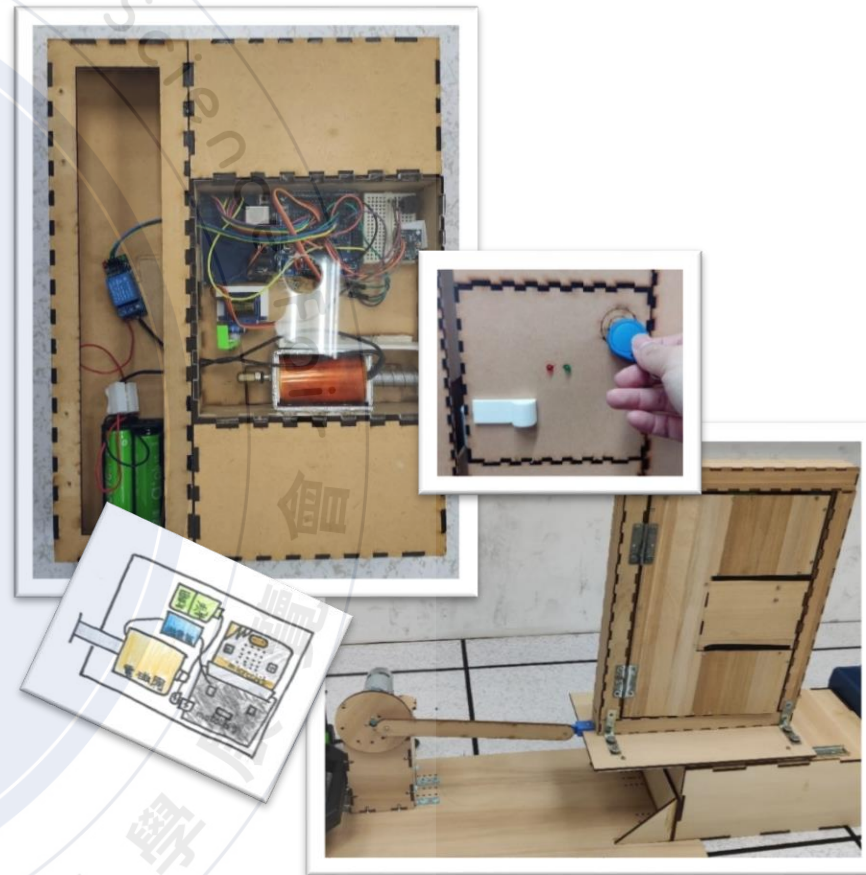
1. 從地震的角度出發，將地震感測與門鎖結合，是相當不錯的創意。
2. 本作品內容完善，從制震器、感測器到門鎖的通訊功能，並有完整實驗數據，表現很好，具備科學研究的創新與探究精神。
3. 本作品於主人在家時，啟用感震門鎖功能；主人不在家時，啟用防盜偵測功能。設想很周到。
4. 政府有推動「災防告警細胞廣播訊息服務」，傳送訊息至手機。若能擷取此種訊息，做為門鎖或其他防災相關應用，將可發揮更大防災功效。

作品簡報

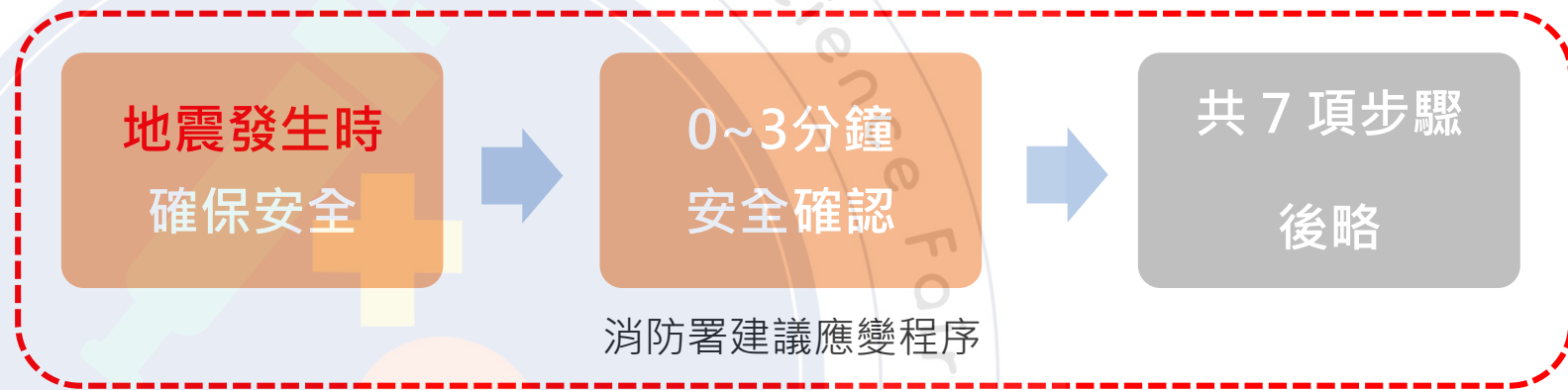
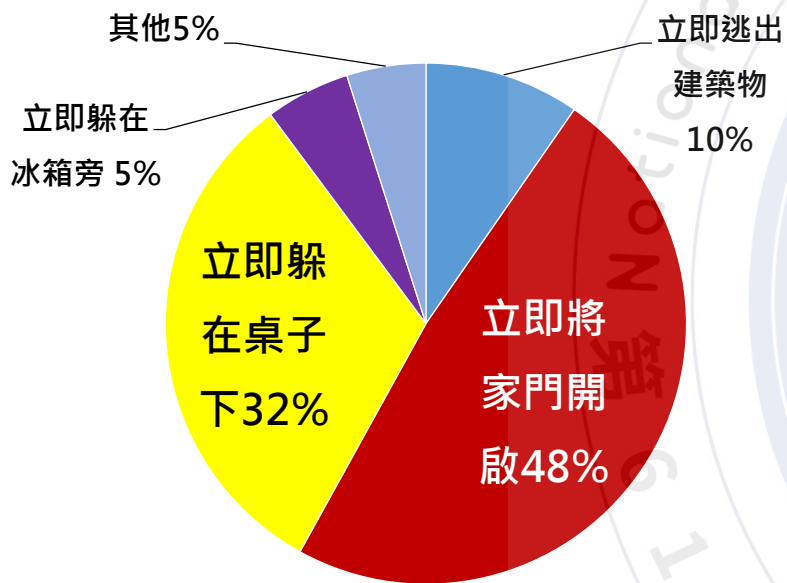
中華民國第61屆中小學科學展覽會

感震防盜門鎖的可行性探討

科別：生活與應用科學科（一）
組別：國小組



地震防災應變時序



口訣：趴掩穩

+

感震自動開門

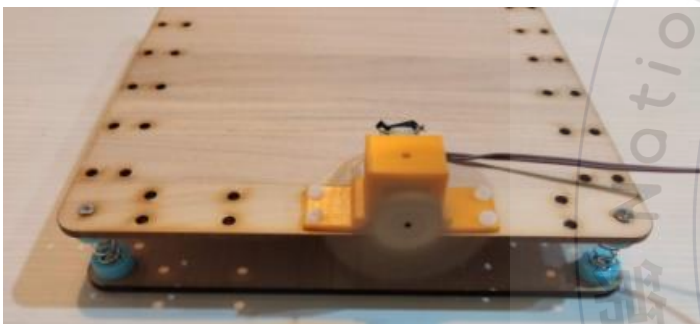


提高存活機率

研究目的：開發出能兼具地震逃生及防盜的智慧門鎖

研究過程與方法

自製地震模擬器



第一代：抖抖振動地震模擬器



第二代：水平方向地震模擬器

感震門鎖的製作



第一代
感震開門



第二代
防盜警示



第三代
一對多
物聯網

評估震時應變的可行性



1. 門鎖震度感測校正實驗
2. 門鎖可行性實驗
3. 專家訪談

【研究結果一】了解地震的應變流程及分級條件

• 地震分級條件 (參考中央氣象局震度分級表)

中央氣象局新制地震震度分級表(109年1月1日起)

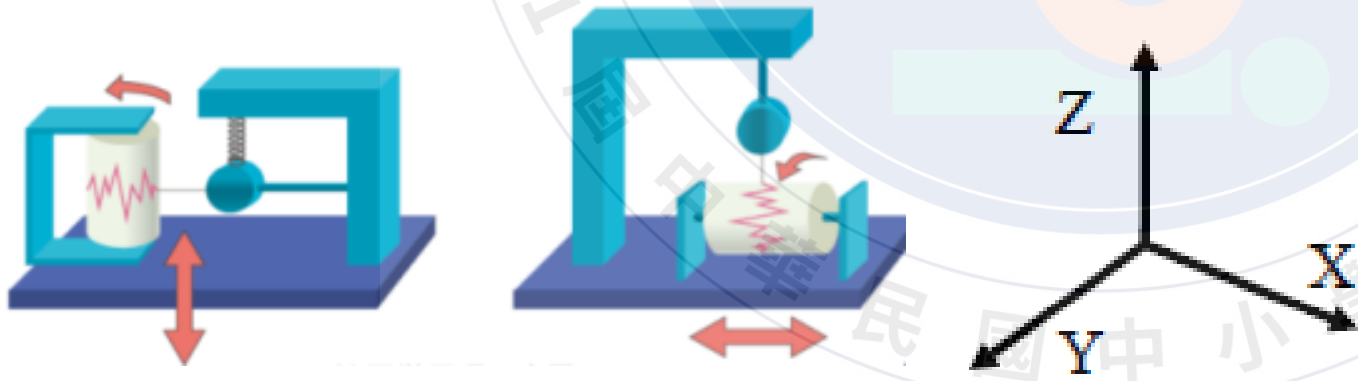
震度	0級	1級	2級	3級	4級	5弱	5強	6弱	6強	7級
加速度 cm/sec ²	0.8	2.5	8.0	25	80	140	250	440	880	
速度 cm/sec					15	30	50	80	140	

(門窗變形(加速度實際之影響))

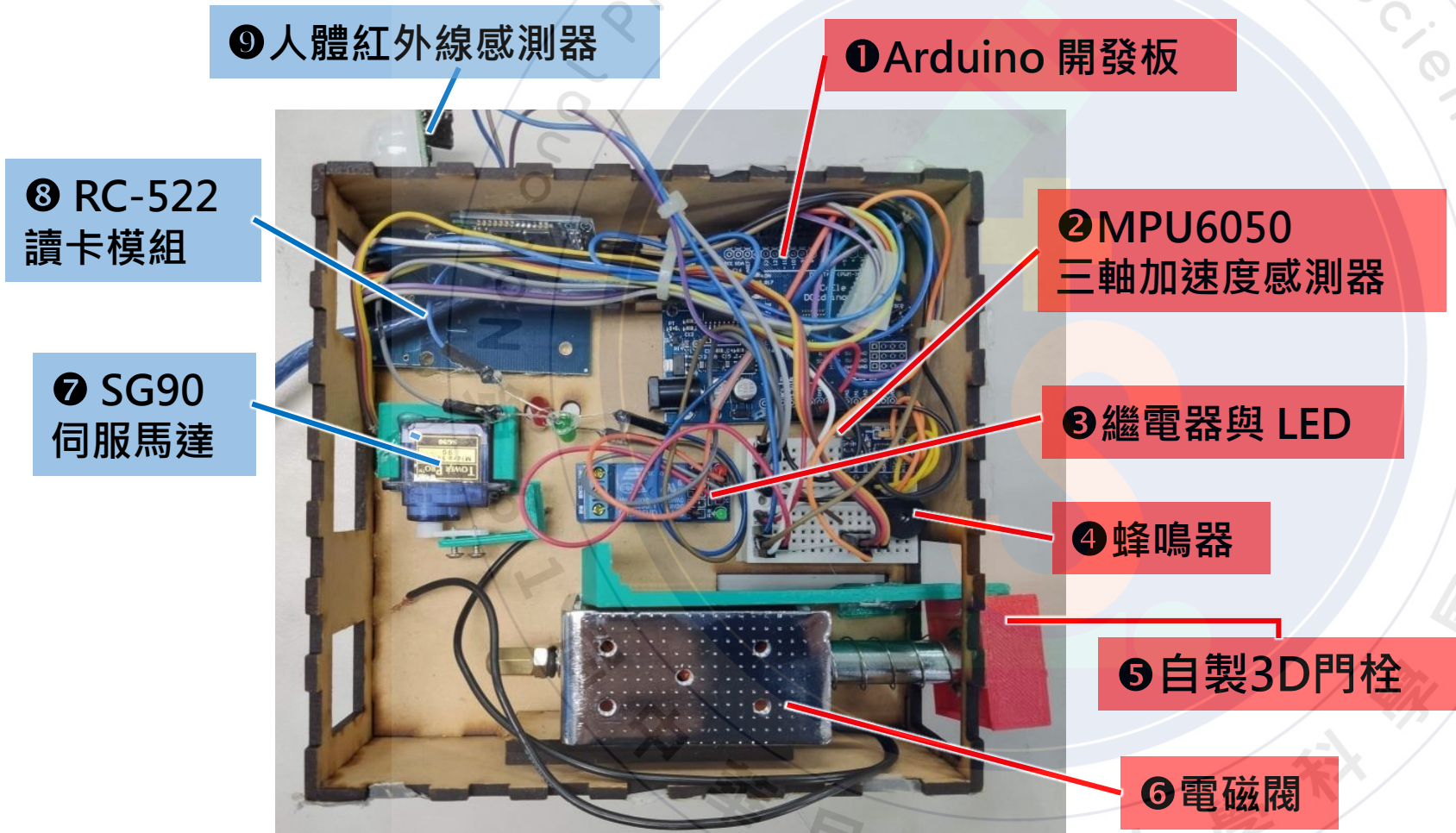
- 震度分級以「加速度」為標準 (cm/s²)。

- 震度5強級以上，住宅門窗就可能變形。

- 地震儀透過三個方向收集加速度資料。



【研究結果二】感測門鎖的結構及電路設計



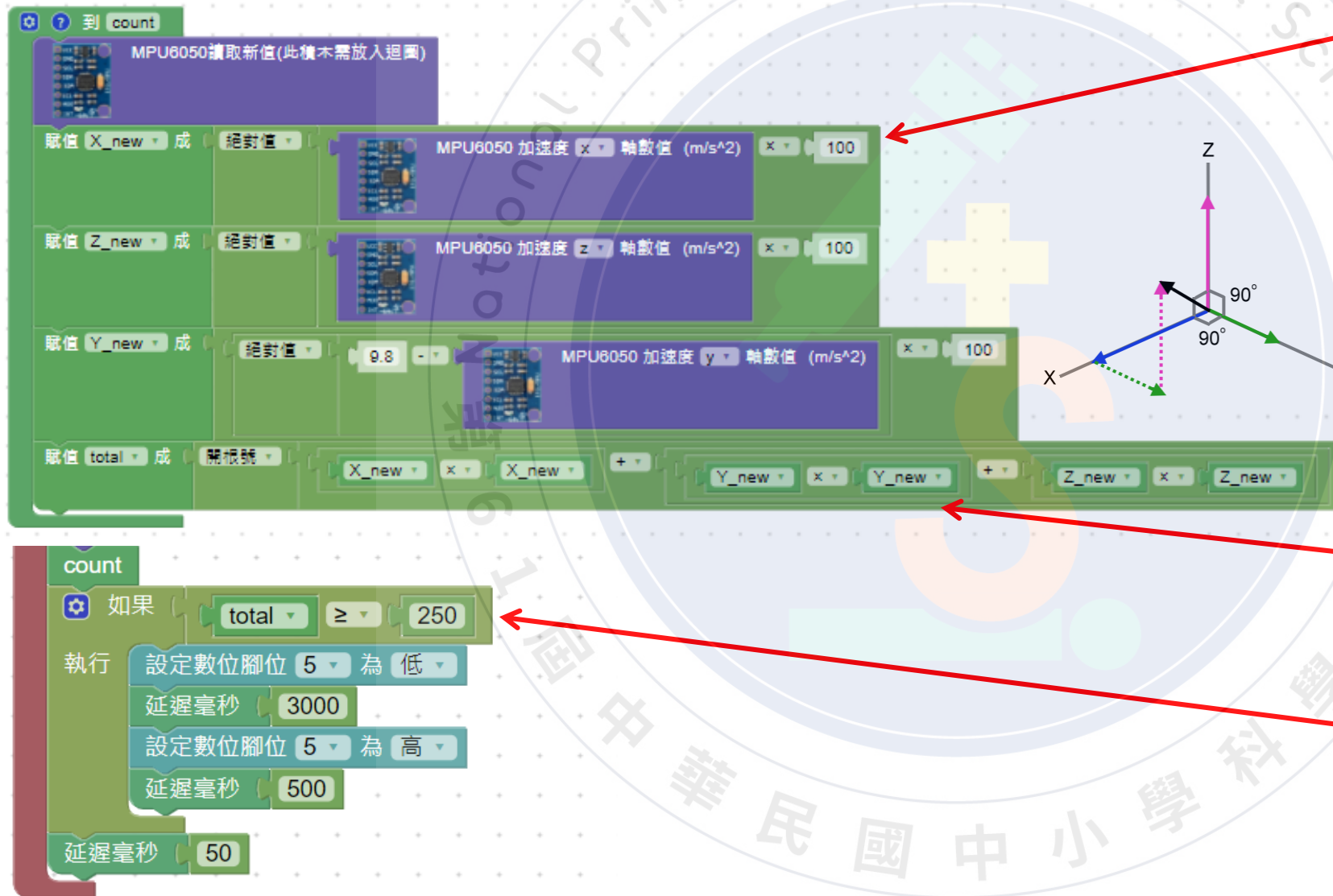
第一代感震門鎖

- 感測地震
- 自動開啟門鎖

第二代新增防盜功能

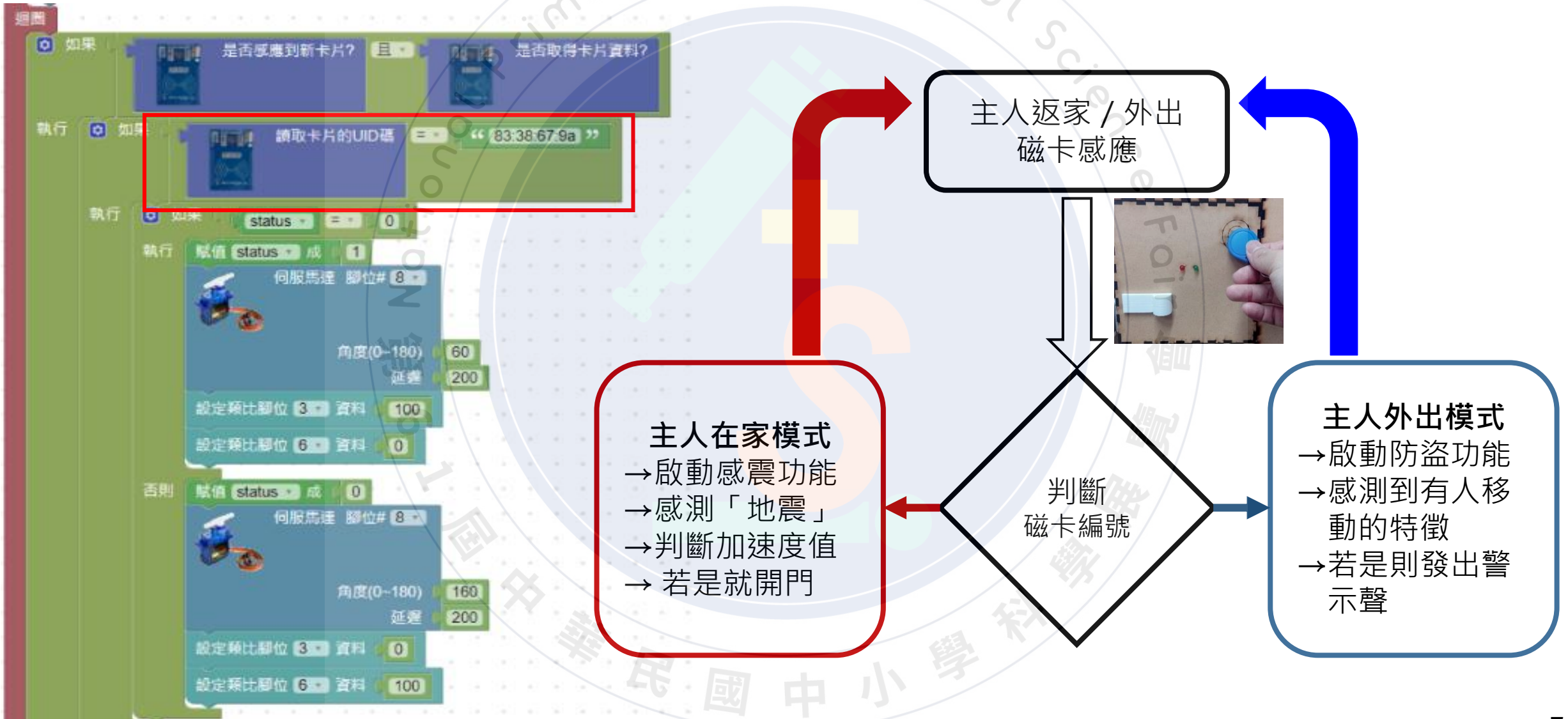
- 利用磁卡切換模式
- 門栓鎖定
- 偵測是否有人

【研究結果三】加速度的計算方法 (以 A 版為例)



- 第 1 步**
將 XYZ 三軸的加速度值 m/s^2 換算成 cm/s^2 ($\times 100$)
- 第 2 步**
利用平行四邊形法
將加速度的進行向量合成
- 第 3 步**
利用畢氏定理
進行向量合成的計算
- 第 4 步**
利用邏輯判斷，如果數值 $> 250 cm/s^2$ 則開啟門鎖

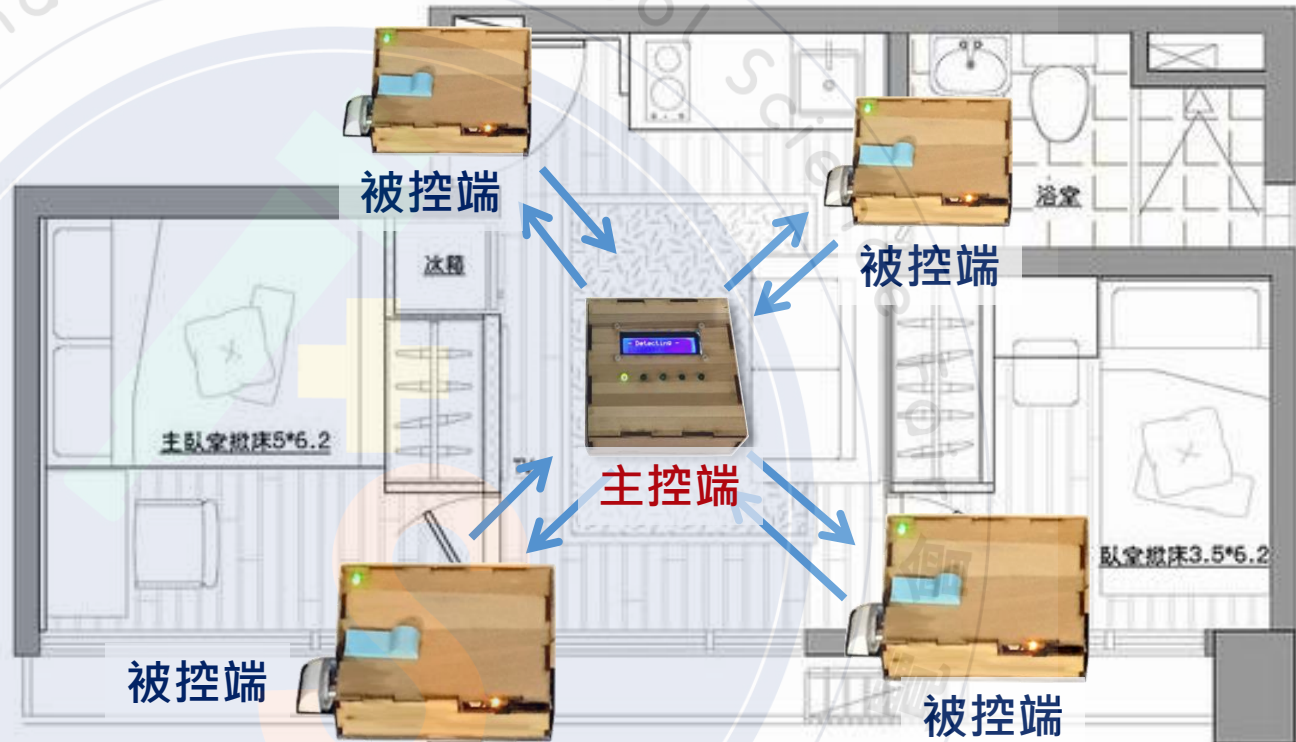
【研究結果四】防盜機制的設計（第二代，以A版為基礎）



【研究結果五】分離式感震門鎖的設計構想與製作

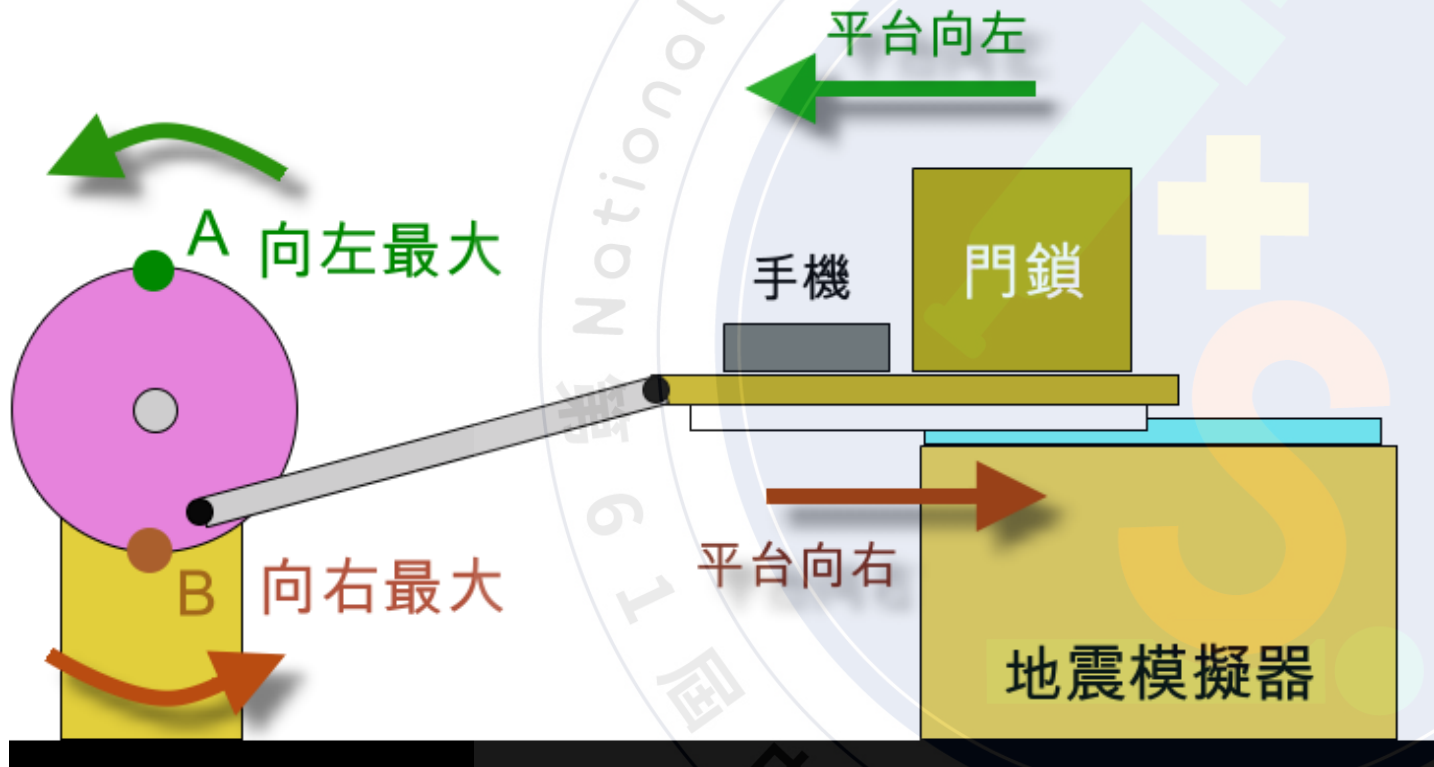
```
當啟動時
廣播群組設為 231
廣播強度設為 2
序列 重新導向至 USB
數位信號寫入 引腳 P2 數字 1
伺服寫入 腳位 P15 (只可寫入) 至 150
```

```
重複無限次
如果 total > 250 那麼
  廣播 發送數字 666
  LCD 顯示字串 "Danger !" 在座標 x: 4 y: 0
  重複 5 次
  執行 呼叫 bibi
否則
  LCD 顯示字串 "- Detecting -" 在座標 x: 0 y: 0
```



- 結合第一代門鎖，形成家用物聯網。
- 利用Micro:bit 廣播功能，達到無線控制的效果。
- 群組一對多的特性，可以同時控制所有門鎖。

【研究結果六】門鎖震度感測校正實驗 – 數值校正的方法



第1步

啟動地震劇本 (轉速20%~29%)
手機、門鎖同時擷取加速度值

第2步

將手機、門鎖數值整理，
取最大、最小值、製作成圖表

第3步

以手機加速度為標準
將門鎖加速度進行換算

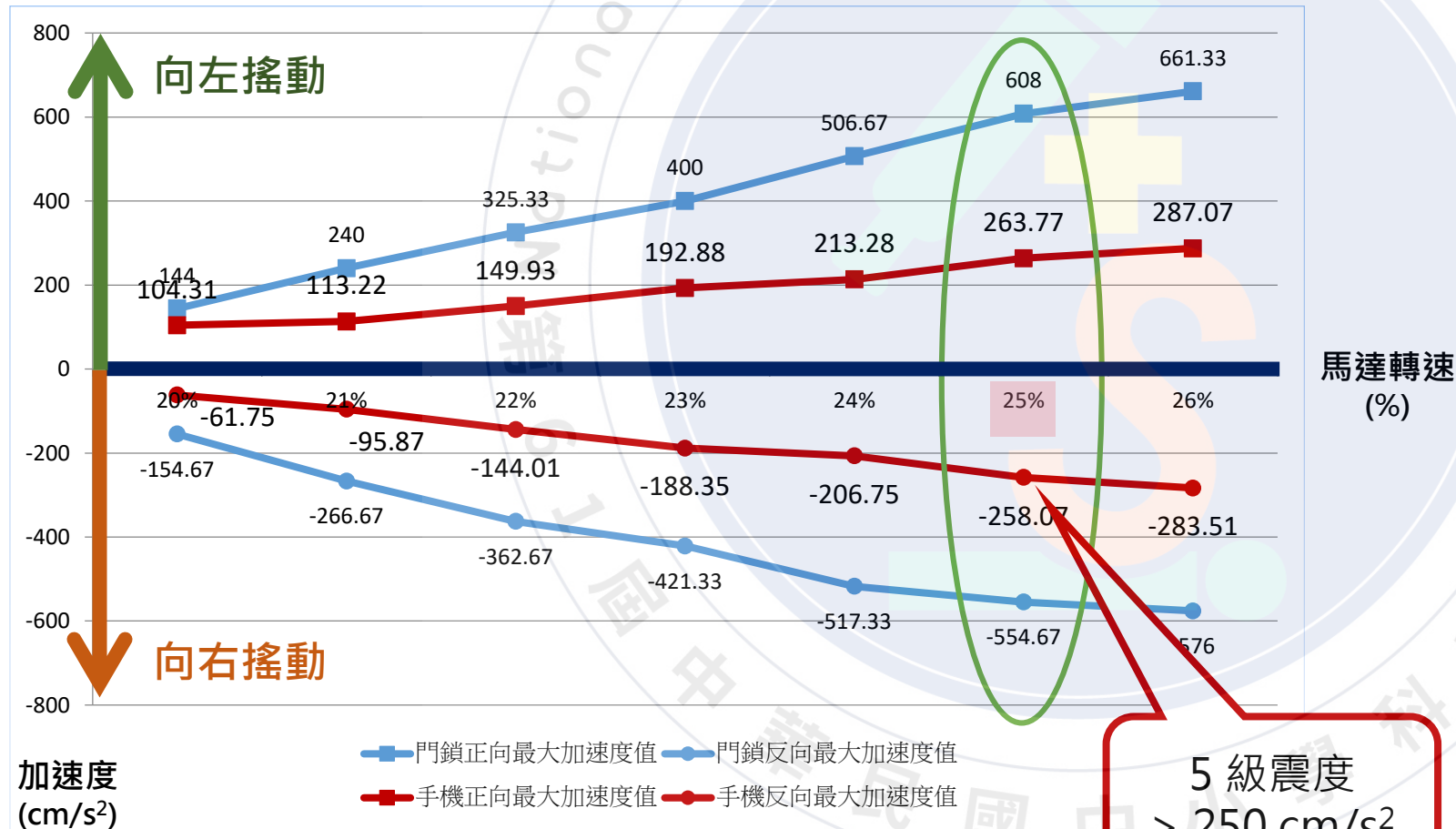
$$\text{手機加速度值} \times 100 = \frac{\text{門鎖感測類比值} \times 980}{1024}$$

第4步

將校正後的數值
設定回門鎖的開發板中

【研究結果六】門鎖震度感測校正實驗 – 加速度校正比對

不同轉速%下，手機、門鎖感測到的最大值（平均）

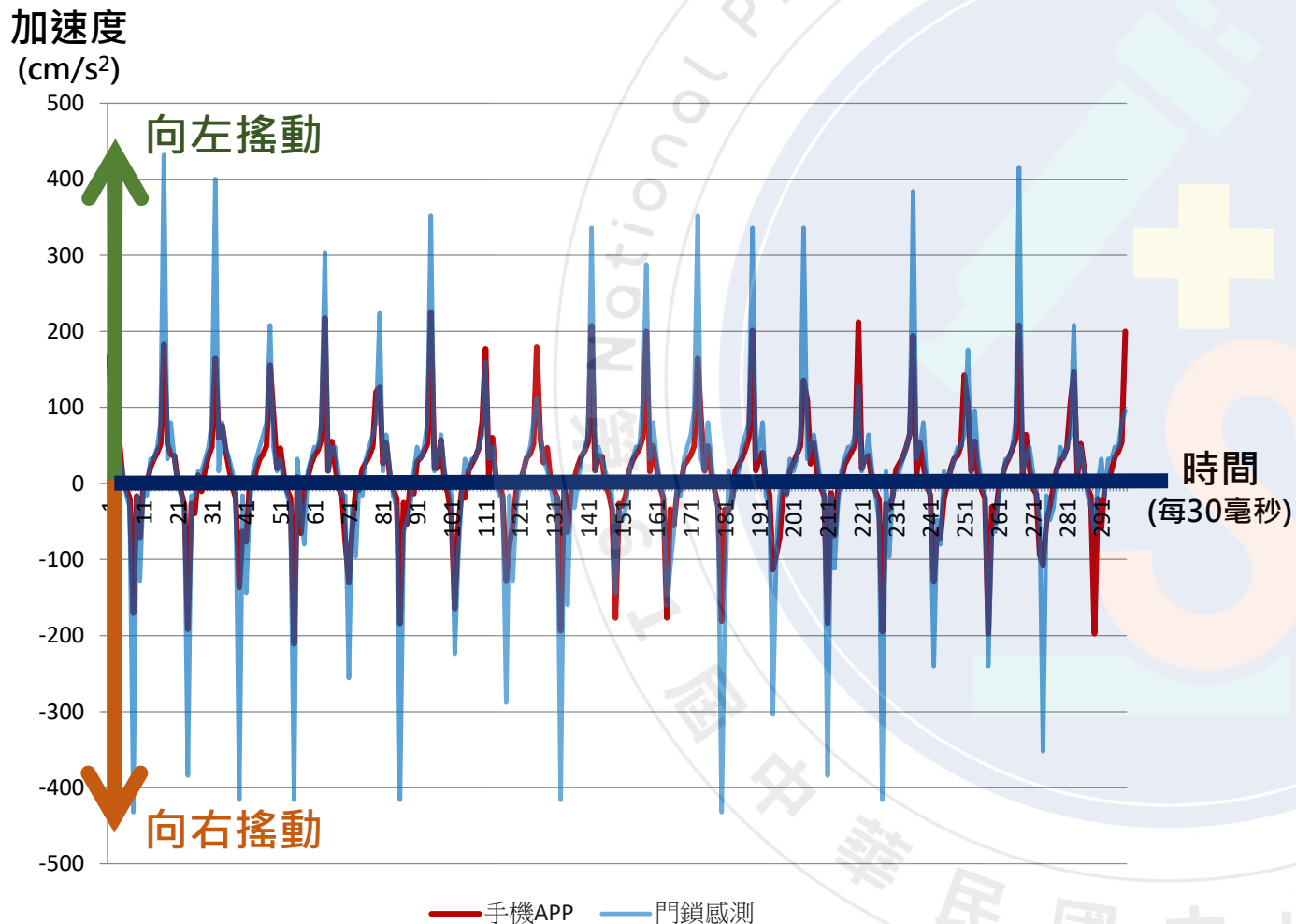


1. 利用手機為標準，進行門鎖感測器校正。
2. 感測器偵測的加速度與實際的加速度會有差異。
3. 當轉動速度越大，手機與感測器偵測到的加速度也越大。
4. 當轉動速度改變時，加速最大值的變化接近線性關係。

5 級震度
> 250 cm/s²

【研究結果六】感震門鎖於震時應變之可行性探討

• 門鎖校正實驗—振動感測波形



(第三代感震門鎖24%第2次實驗數據)

• 三款門鎖感震開鎖可行性實驗



門鎖版本	理想觸發轉速	實驗結果 (觸發值)
第一代-A版 第二代	28 %	成功開啟 (觸發值28%)
第一代-B版	向左 : 29% 向右 : 25%	向左 成功開啟 (觸發值29%) 向右 成功開啟 (觸發值25%)
第三代-主機	25%	成功開啟 (觸發值25%)

結論與未來展望

1. 感震門鎖可在 5 強級以上強震發生時自動開門，可以在地震發生時搶得逃生先機。
2. 感震防盜門鎖能感震開門又兼具防盜的功能，未來可以加入手機即時警示的功能。
3. 分離式感震門鎖具無線、一對多的特性，未來可針對家庭電路、瓦斯輸送管線及家電等進行綜合管理，也適用於學校、大樓等環境。
4. 安裝在真實門板上進行實證研究。



參考文獻資料

- 地震避難方式 (無日期)。內政部消防署全球資訊網。取自 <https://reurl.cc/Enjxj0>
- 地震預警監測儀 (無日期)。妙點企業股份有限公司。取自 <https://reurl.cc/R6YdLg>
- 【觀念】向量的加法—平行四邊形法 (2015)。均一教育平台Youtube。取自 <https://www.youtube.com/watch?v=fKKimdjdEzQ>
- 孫駿榮 (2014)。Arduino 互動設計超入門—用ArduBlock圖形化控制真簡單。台北市：碁峰資訊。