

# 臺南市107年度國中學生獨立研究競賽作品

作品名稱：

利用 Arduino 感應器解決內輪差及視線死角問題

編號：

# 作品名稱：利用 Arduino 感應器解決內輪差及視線死角問題

## 摘要

近年來，大型車事故頻傳，分析車禍原因，許多與跟大型車的「內輪差」及「視線死角」有關，「內輪差」與前後輪的轉彎半徑差有關，「視線死角」與車體結構有關，研究團隊在準備科展題目時，提出利用光控及聲控方式提出警告，在準備獨立研究題目時，針對視線死角及內輪差提出更有效的解決方案，就是在車身加上 Arduino 紅外線距離感應器，當行人或車輛進入轉彎的危險區域，感應器發出警示，提醒駕駛注意，減速或停止前進，減少事故及意外發生的機率，避免人員傷亡，試驗結果顯示，Arduino 紅外線距離感應器，可以提醒駕駛有人車進入危險區域及提醒用路人已進入危險區域，實驗結果顯示，Arduino 感應器可以提供有效的解決方案，提醒駕駛及用路人，遠離危險區域，減少發生事故的機率，保障人身安全。

## 壹、研究動機及目的：

### 一、研究動機：

大車轉彎時會出現「內輪差」，內輪差的形成原因是大客車及大卡車轉彎時，因為車輛轉彎時內前輪的轉彎半徑與內後輪的轉彎半徑不同，這兩者的距離叫做內輪差。所以內前輪走得正常，但內後輪會向內側偏移，駛出路面的邊緣，甚至會碰上機車或行人。

內輪差的成因是前輪是由人駕駛，後輪跟著轉動，這兩者反應時間的差距產生內輪差，一般來說，車身越長，內輪差就會越大。內輪差大概是軸距（前

輪至後輪的距離) 的三分之一，視線死角則是與車體結構有關，例如車身長  
度及 A 柱，都會造成視線死角，在科展研究時，提出利用光控及聲控裝置提醒駕  
駛，有人進入危險區域，接下來研究團隊嘗試利用 Arduino 紅外線感應器，同  
時對駕駛及用路人提出警示，並在車身的前、中、後不同的位置安裝感應器，  
根據不同的危險區域範圍，設定感應器的感應距離，並進行測試，測試成功後，  
再根據機車、汽車及行人分別進行測試，測試結果發現可以對小型車、機車及  
行人提出警示，利用 Arduino 感應器可以提供更有效的解決方案。

## 二、研究目的：

1. 組裝 mBot 機械人，並加裝車身，以符合大型車的比例。
2. 計算大車轉彎時前後輪的轉彎半徑，並計算內輪差危險區域。
3. 測試 Arduino 紅外線感應器，按照危險區域比例設定感應器，並進行距離  
及感應測試。
4. 製作小型車、機車及行人模型，進行大型車轉彎測試，測試感應器是否可  
以在人車進入危險區域時提出警示。

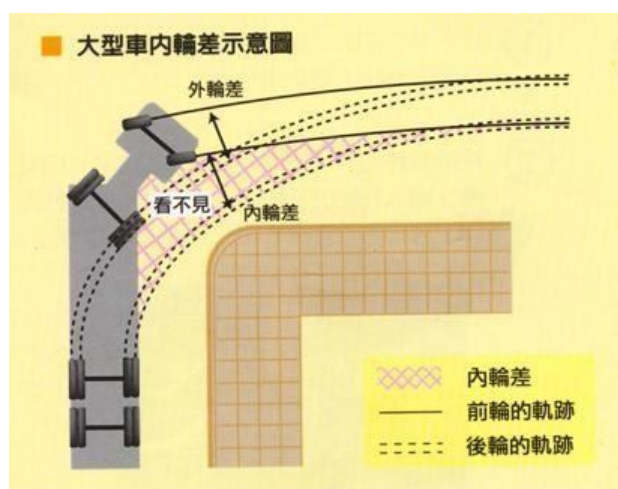
## 貳、文獻探討：

**【內輪差原因討論】**內輪差又稱為「轉彎半徑」，大約是軸距（前  
輪至後輪）的三分之一，會隨軸距的長度及轉向角度的改變而不  
同，軸距越長（即車身越長）、轉向角度越大，其內輪差也隨之變  
大，危險程度也隨之增高。當打右邊方向燈準備要進行右轉時，

大型車車頭必須先偏左爭取足夠的轉彎角度後再右轉，其後輪的軌跡會比前輪內移很多，內輪差會更嚴重，如果再加上駕駛者視覺上的死角，其危險程度自然也隨之增高。如果行人或是汽、機車駕駛人忽略了「內輪差」問題而過於靠近大型車旁，就會誤闖大型車前後輪輪差區域而發生事故。其次，大型車駕駛透過車內後視鏡及車窗外左右兩邊後視鏡往後看，還會有「視野死角」所造成的視覺盲點，而視覺盲點通常又和內輪差重疊。因此，當大型車輛切換車道或轉彎，側後方的內輪差範圍內剛好又有行人、機車或其他車輛時，發生交通事故的機會就會大幅增加。所謂視野死角，就駕駛人而言，眼睛本身機能上所看不到的範圍，以及因為車輛構造上或其他道路上的障礙物擋住駕駛人視線的范围，就稱為「視野死角」；另外，在後視鏡的輔助下，仍然看不到的範圍也是屬於「視野死角」。人類的身體與頭部在靜止的狀態下，雙眼所能看到的視野範圍為 200 度，後方看不到的 160 度就是「視野死角」；另一種視野死角屬於人在移動中的動態視野，例如汽車駕駛人的視野會隨車速上升而變小，那麼他看不清楚的範圍也會因此變大。汽車與機車因構造及操作特性上有差異，導致駕駛人的視野也有差異。因為機車只有 2 輪，行駛穩定性較差。駕駛人都為了避免為路面不平或有障礙物而摔倒，因此坐姿往往都會較前傾，導致視線亦較低，而焦點都擺在車前道路中央處，形成橢

圓形狀視野，很容易忽略橫向的危險。而大型車輛駕駛雖然位置比較高，但是因為車身體積龐大，故視野死角反而更多，對於駕駛人本身及其他用路人來說，都必須多一分小心與謹慎，才能確保行車安全。

**【大型車內輪差示意圖】**



**【大型車規格說明】**

	大卡車(15 噸)	大客車
車身長度的	8.000 公尺	11.815 公尺
車身寬度的	2.400 公尺	2.450 公尺
車身高度的	2.800 公尺	3.600 公尺
<b>前後輪輪距</b>	<b>4.650 公尺</b>	<b>6.000 公尺</b>
前輪距	1.990 公尺	2.035 公尺
後輪距	1.855 公尺	1.820 公尺

## 【大型車轉彎模式】

大卡車轉彎模式		大客車轉彎模式	
編號	轉彎條件	編號	轉彎條件
1	內側車道左轉內側車道	9	內側車道左轉內側車道
2	內側車道左轉外側車道	10	內側車道左轉外側車道
3	外側車道左轉內側車道	11	外側車道左轉內側車道
4	外側車道左轉外側車道	12	外側車道左轉外側車道
5	外側車道右轉內側車道	13	外側車道右轉內側車道
6	外側車道右轉外側車道	14	外側車道右轉外側車道
7	內側車道右轉內側車道	15	內側車道右轉內側車道
8	內側車道右轉外側車道	16	內側車道右轉外側車道

### 參、研究過程與方法：

【實驗一】組裝 mBot 機械人，並加裝車身，以符合大型車的比例。

#### 【實驗步驟】

1. 組裝 mBot 機器人，利用珍珠板加裝並延伸車身，以符合大型車的車身及前後輪比例。
2. 前後輪位置加裝竹籤，方便在道路紙板上留下前後輪軌跡。
3. 依照比例，製作道路底板，共製作四張。

實驗相片紀錄：

組裝 mBot 機械人	mBot 機械人正面	利用珍珠板延長車身
		
在前輪加裝竹籤	在前輪加裝竹籤	在後輪加裝竹籤
		
製作道路底板		
		

**【實驗二】** 計算大車轉彎時前後輪的轉彎半徑，並計算內輪差危險區域。

**【實驗步驟】**

1. 根據最容易發生意外事故的轉彎條件，將轉彎模式調整為大型車右轉內側車道到內側車道，內側車道到外側車道，外側車道到內側車道，外側車道到內側

車道，代號分別為內到內、內到外、外到內、外到外四種。

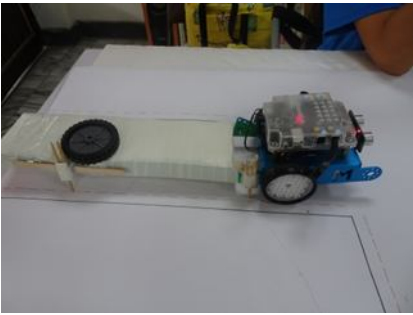
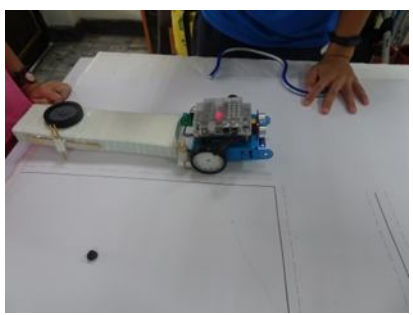
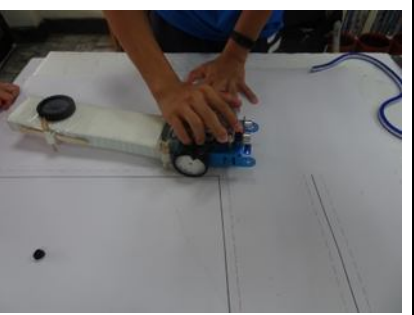
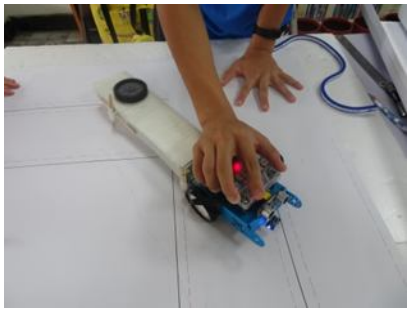
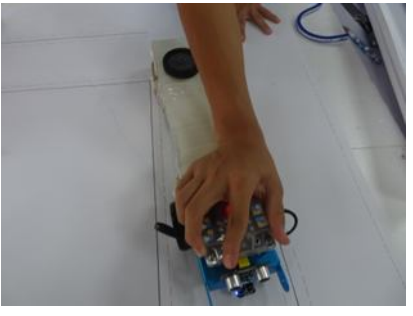
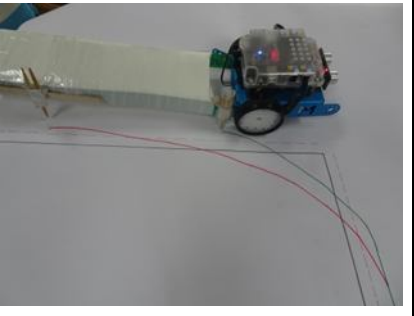
2. 將實驗一完成的大型車模型，依照步1的代號，以手動方式轉彎，利用竹籤留下的軌跡，計算大型車轉彎時前後輪的軌跡。

3. 完成並計算大型車轉彎路徑後，在車頭中間做記號，劃出大型車轉彎後的位置，再標記車頭中央的位置，做第二個記號。

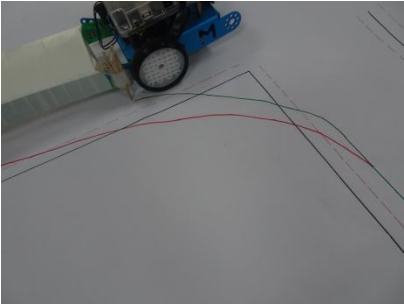

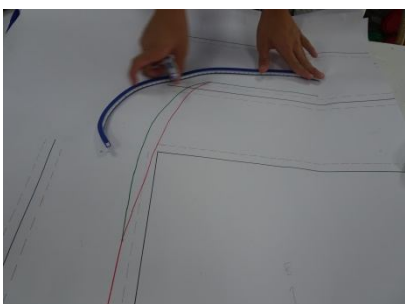

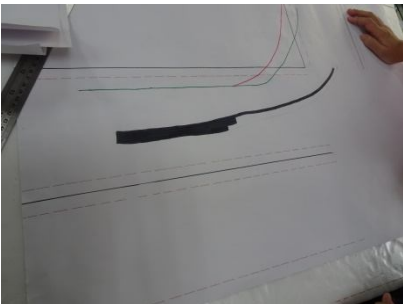
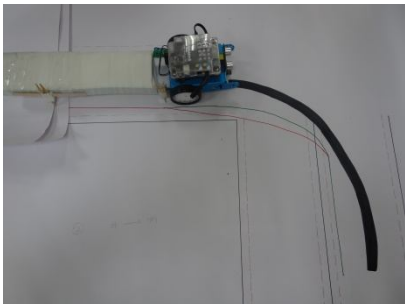
4. 利用曲線尺，在步驟3的二個車頭記號中完成轉彎時車頭的軌跡，以較粗黑的奇異筆畫出車頭轉彎的軌跡。

5. 完成四種轉彎模式，並計算前後輪的迴轉半徑。

### 【實驗相片紀錄】

大型車啟動	開始準備轉彎	前輪開始轉彎
		
車身一半過彎	車身大部分過彎	完成前後輪的軌跡
		



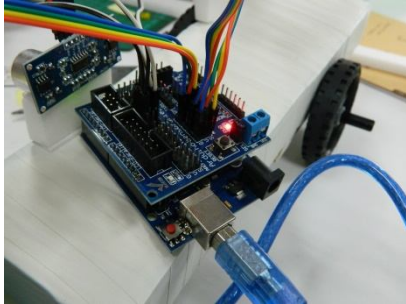
完成轉彎的軌跡	利用曲線尺計算車頭的軌跡	完成車頭軌跡
		
將軌跡標記下來	以奇異筆畫出軌跡	完成車頭轉彎軌跡
		


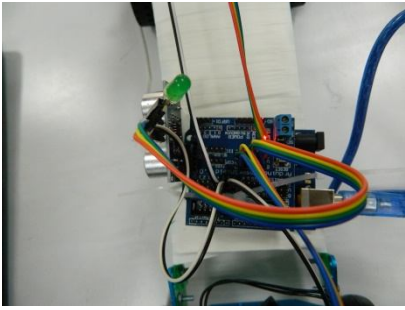
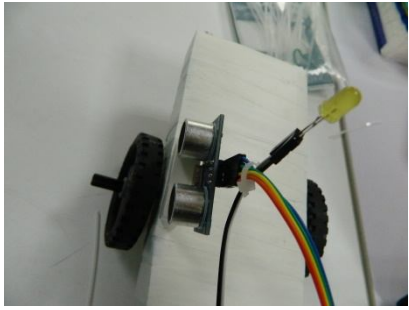
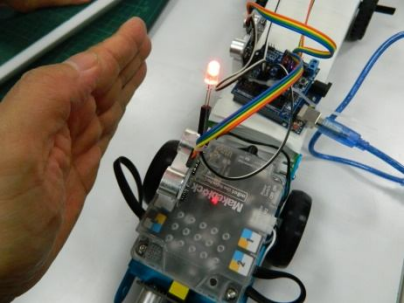
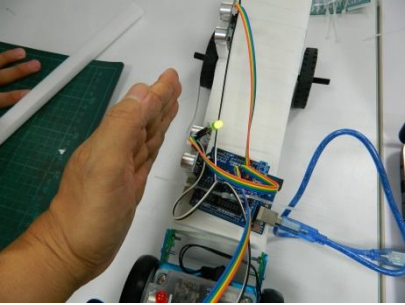
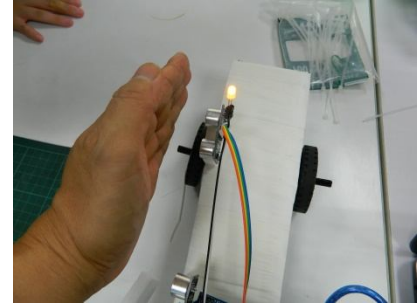
**【實驗三】** 測試 Arduino 紅外線感應器，按照危險區域比例設定感應器，並進行距離及感應測試。

**【實驗步驟】**

1. 安裝 Arduino 程式，再安裝紅外線感應器，下載紅外線感應器程式，並進行測試。
2. 完成測試後，再加裝二個紅外線感應器，並進行測試。
3. 依照實驗二計算的軌跡及危險區域，設定紅外線感應器的感應距離。
4. 利用手掌來進行第一次測試。

## 【實驗相片紀錄】

<p>下載 Arduino 程式</p>	<p>安裝 Arduino 底板</p>	<p>安裝感應器</p>
 <pre> // 三線雷射距離量測 #define trigPin1 A0 // 定義左超音波信號發射器腳位 #define echoPin1 A1 // 定義左超音波信號接收器腳位 #define trigPin2 A2 // 定義中超音波信號發射器腳位 #define echoPin2 A3 // 定義中超音波信號接收器腳位 #define trigPin3 A4 // 定義右超音波信號發射器腳位 #define echoPin3 A5 // 定義右超音波信號接收器腳位 int LED1=4; int LED2=5; int LED3=6;  long duration, distance; RightSensor,FrontSensor,LeftSensor;  void setup() {   Serial.begin(9600);   pinMode(trigPin1, OUTPUT);   pinMode(trigPin2, OUTPUT);   pinMode(trigPin3, OUTPUT); } </pre>		
<p>以 LED 燈做為顯示的裝置</p>	<p>以手掌測試感應器</p>	<p>將裝置改裝在車體上</p>
		
<p>再以手掌進行測試</p>	<p>將感應器、大型車模型與電腦連線，進行測試</p>	<p>將測試裝置放在道路底板上，進行轉彎測試</p>
		

車頭(前輪)紅外線距離感應器	車身的紅外線距離感應器	後輪的紅外線距離感應器
		
以手掌進行測試(前輪)	以手掌進行測試(車身)	以手掌進行測試(後輪)
		

**【實驗四】** 製作小型車、機車及行人模型，進行大型車轉彎測試，測試感應器是否可以在人車進入危險區域時提出警示。

**【實驗步驟】**

1. 製作小型車模型，放在車道上，將實驗三完成的測試裝置放在車道上，依照實驗二在道路底板上完成的轉彎軌跡，進行四種轉彎模式的測試，觀察並記錄三個紅外線感應器可否在小型車進入危險區域時發出警示。
2. 同步驟1的實驗方式，將小型車改成機車模型，再操作一次。
3. 同步驟1的實驗方式，將小型車改成路邊的行人，再操作一次，觀察並記錄受

撞擊人員的數量。

#### 肆、結果與討論：

【實驗一】組裝 mBot 機械人，並加裝車身，以符合大型車的比例。

##### 【實驗結果紀錄】

大型車實驗規格：以20：1比例縮小

	車身寬度	車身長	前輪位置	後輪位置
實際規格	2.45公尺	11.85公尺	2.035公尺	1.820公尺
模型車規格	12公分	59.0公分	10公分	9.0公分

【實驗二】計算大車轉彎時前後輪的轉彎半徑，並計算內輪差危險區域。

##### 【實驗結果紀錄】

轉彎模式	前輪迴轉半徑	後輪迴轉半徑	車頭軌跡	說明
內到內	27公分	14.75公分	2.5公分	
內到外	26.5公分	16.5公分	3.0公分	
外到內	10.5公分	6.5公分	2.5公分	
外到外	20.0公分	12.0公分	2.5公分	

【實驗三】測試 Arduino 紅外線感應器，按照危險區域比例設定感應器，並進行距離及感應測試。

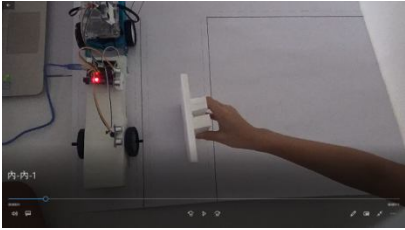
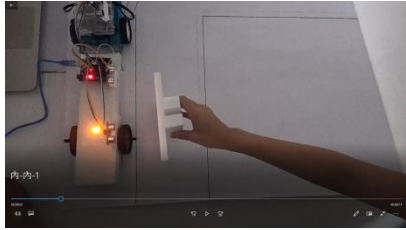
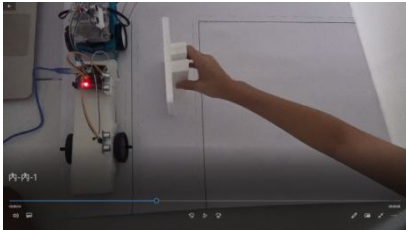
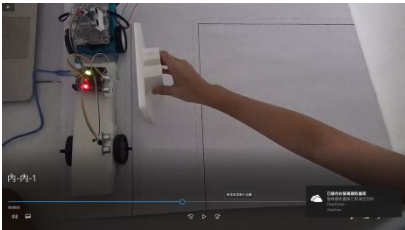
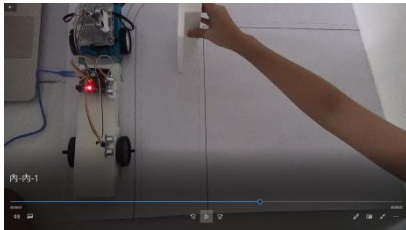
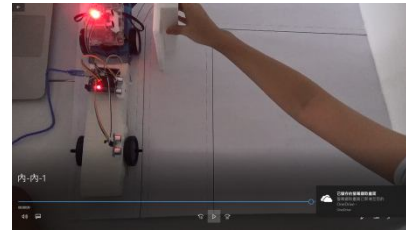
##### 【實驗結果紀錄】

	前輪感應器感應距離	車身感應器感應距離	後輪感應器感應距離
大型車危險區域範圍	27.0公分	16.5公分	3.0公分
感應器設定感應距離	27.0公分	16.5公分	3.0公分

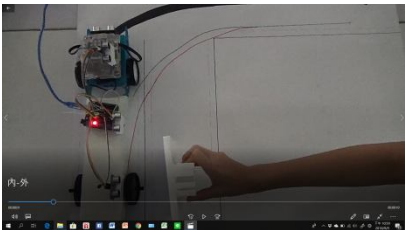
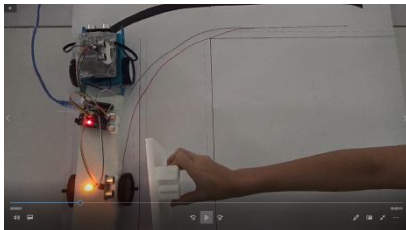
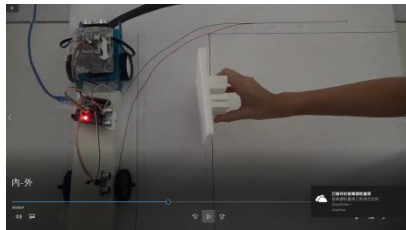
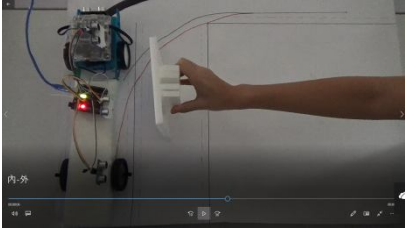
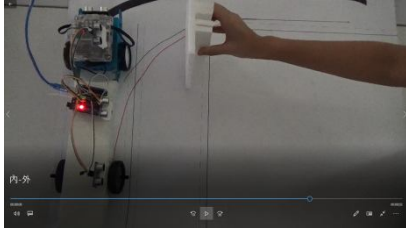
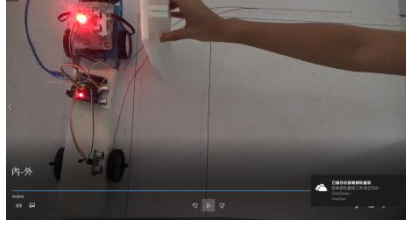
【實驗四】製作小型車、機車及行人模型，進行大型車轉彎測試，測試感應器是否可以在人車進入危險區域時提出警示。

1. 實驗結果紀錄—靜止間測試：

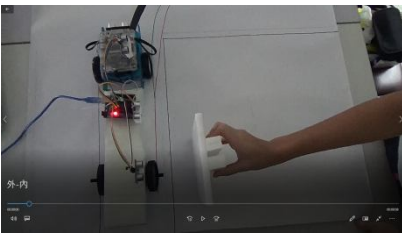
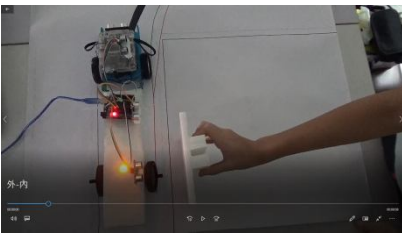
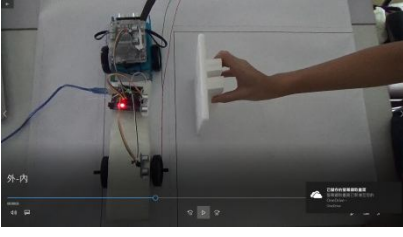
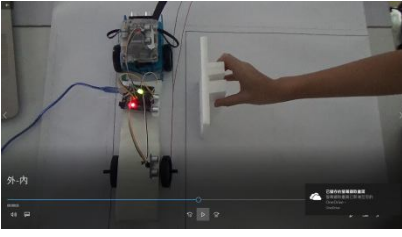
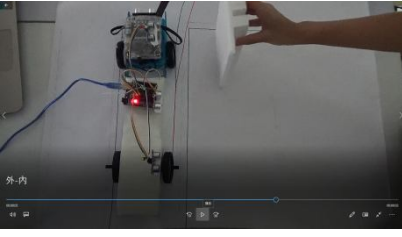
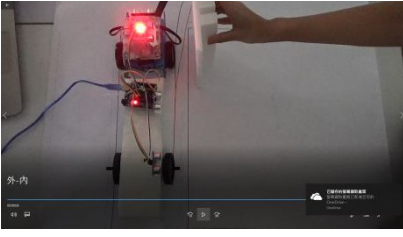
1-a/靜止間測試/內到內

慢慢接近後輪	後輪感應器啟動	慢慢接近車身
		
車身感應器啟動	慢慢接近車頭	車頭感應器啟動
		

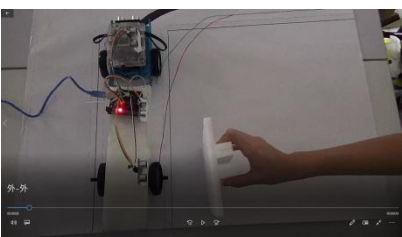
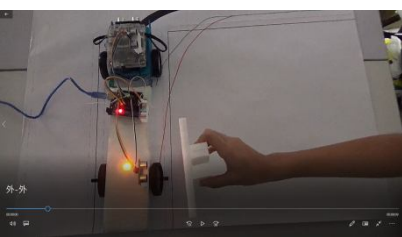
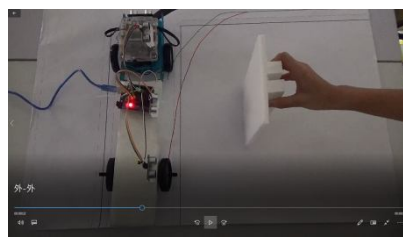
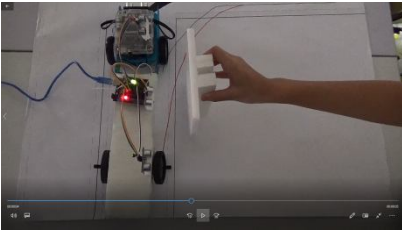
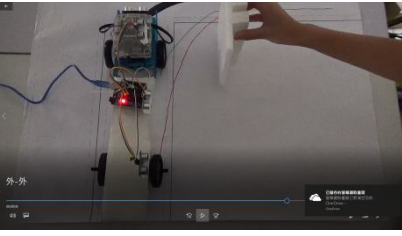
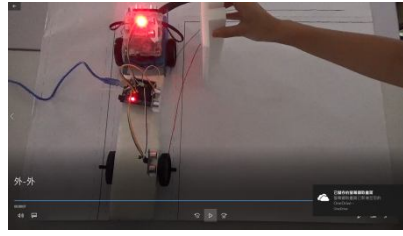
1-b/靜止間測試/內到外

慢慢接近後輪	後輪感應器啟動	慢慢接近車身
		
車身感應器啟動	慢慢接近車頭	車頭感應器啟動
		

1-c/靜止間測試/外到內


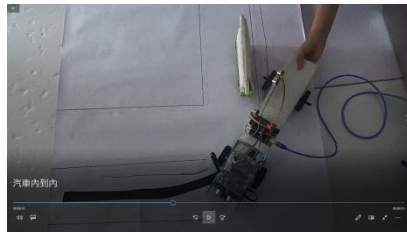
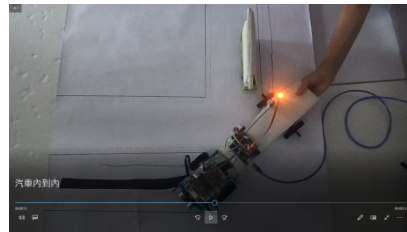
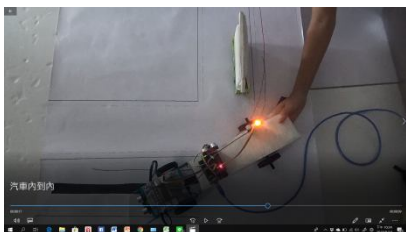
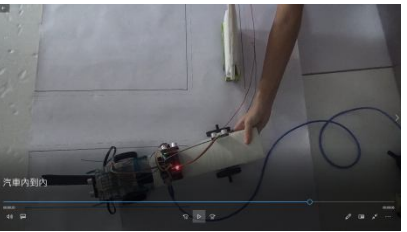
慢慢接近後輪	後輪感應器啟動	慢慢接近車身
		
車身感應器啟動	慢慢接近車頭	車頭感應器啟動
		

1-d/靜止間測試/外到外



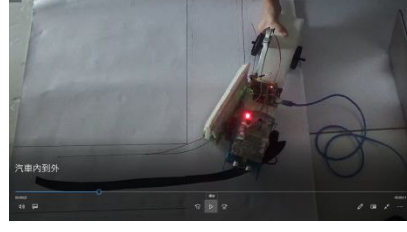
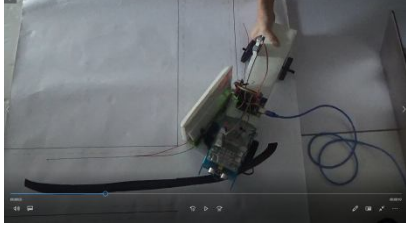

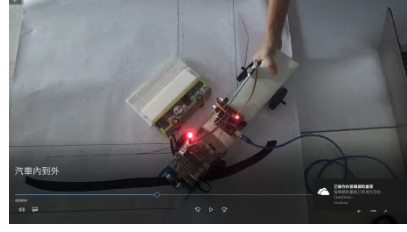
慢慢接近後輪	後輪感應器啟動	慢慢接近車身
		
車身感應器啟動	慢慢接近車頭	車頭感應器啟動
		

## 2. 實驗結果紀錄—小型車

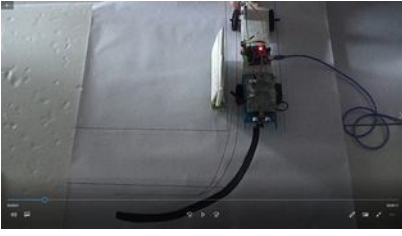
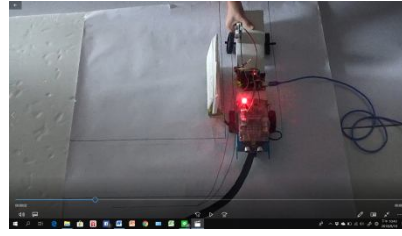
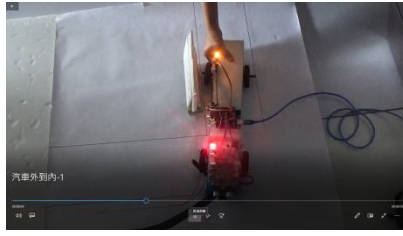
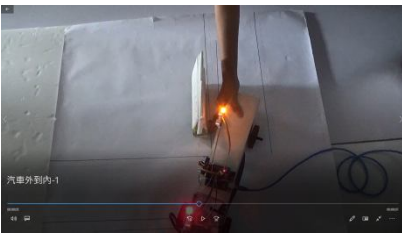
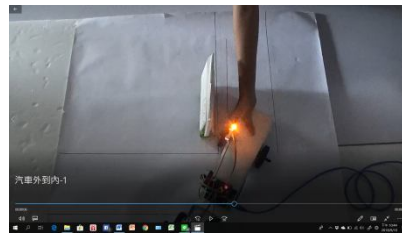
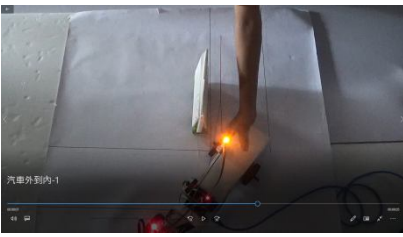
### 2-a/小型車內到內

<p>啟動後開始準備右轉，後輪感應器啟動</p>	<p>車身轉過一半時，後輪感應器關閉</p>	<p>車頭轉彎，準備進入右側車道，後輪感應器啟動</p>
		
<p>車身準備進入右側車道，後輪感應器啟動</p>	<p>後輪進入右側車道，小型車離開危險區域，三個感應器關閉</p>	
		

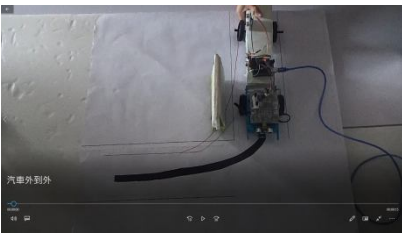
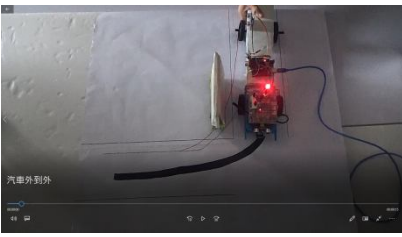
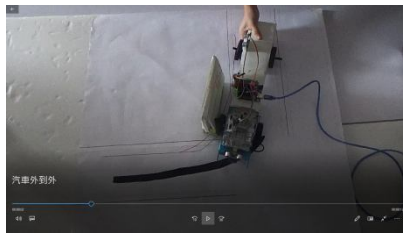
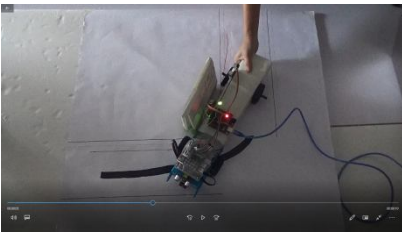
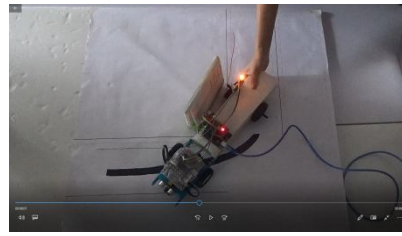
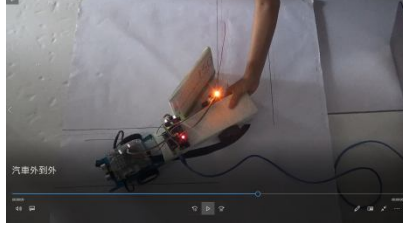
### 2-b/小型車內到外

<p>啟動</p>	<p>前輪感應器啟動</p>	<p>車頭撞到小型車</p>
		
<p>車頭撞到小型車</p>	<p>車頭撞到小型車</p>	<p>車頭感應器啟動</p>
		

2-c/小型車外到內

<p>啟動</p>	<p>前輪感應器啟動</p>	<p>後輪感應器啟動</p>
		
<p>後輪感應器啟動</p>	<p>後輪感應器啟動</p>	<p>後輪感應器啟動</p>
		

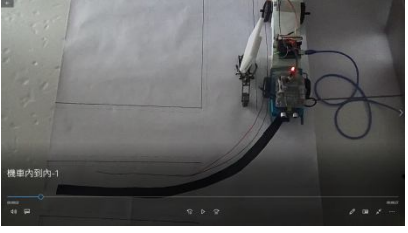
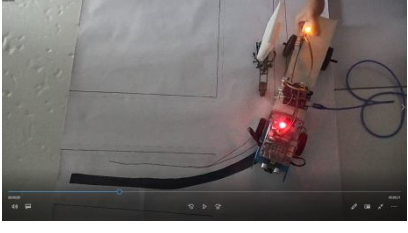
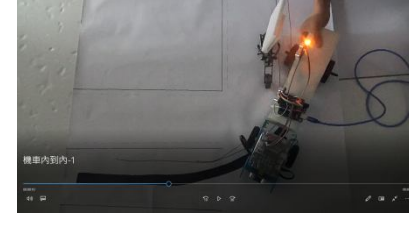
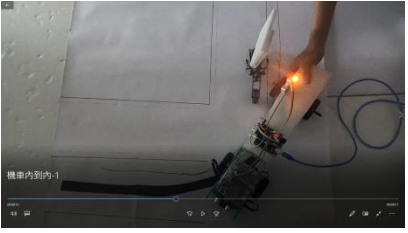
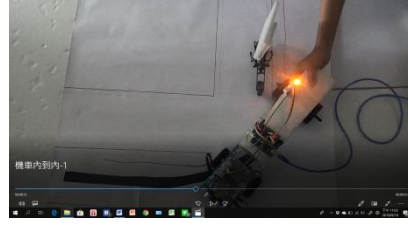
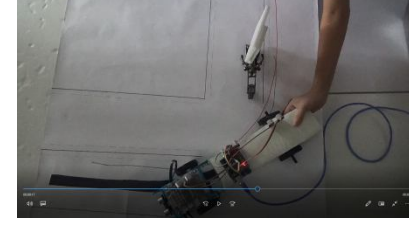
2-d/小型車外到外

<p>啟動</p>	<p>前輪感應器啟動</p>	<p>車頭撞到小型車-1</p>
		
<p>車頭撞到小型車，車身感應器啟動</p>	<p>車頭撞到小型車，後輪感應器啟動</p>	<p>車身撞到小型車，後輪感應器啟動</p>
		

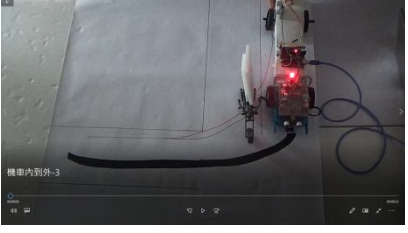
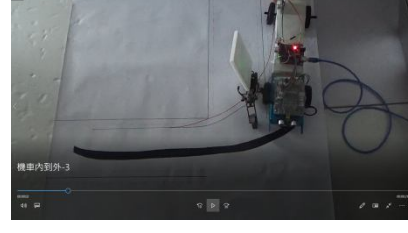
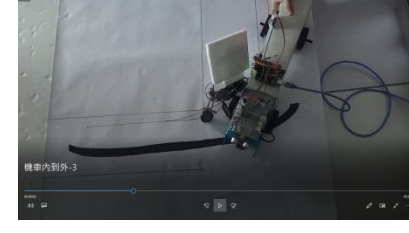
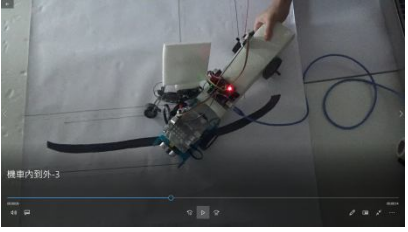
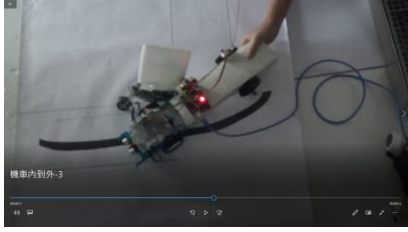
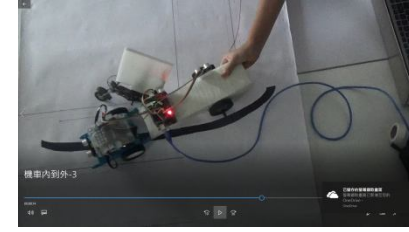


### 3. 實驗結果紀錄—機車

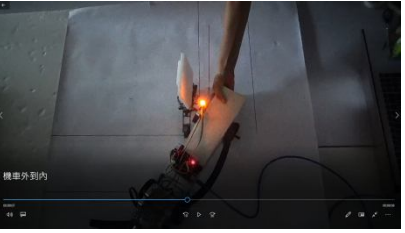
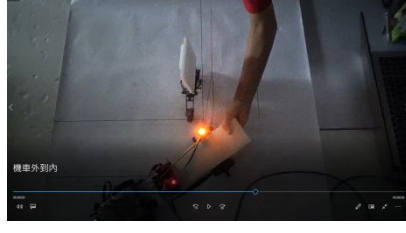
#### 3-a/機車內到內

<p>啟動</p>	<p>前進過程中，後輪感應器 啟動</p>	<p>後輪感應器啟動，車身開始過 彎機車還在危險區域內</p>
		
<p>車頭進入車道，後輪感應 器啟動，機車在危險區域</p>	<p>後輪離開車道，後輪感應 器啟動，機車在危險區域</p>	<p>機車離開危險區域，三個 感應器皆關閉</p>
		

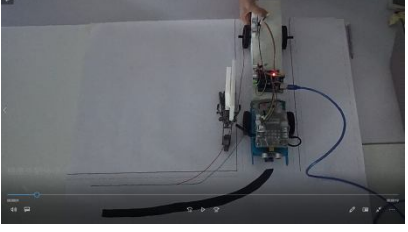
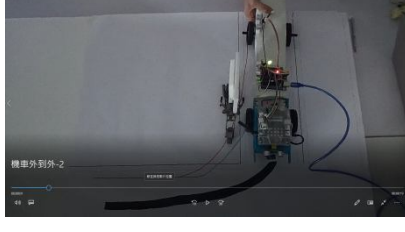
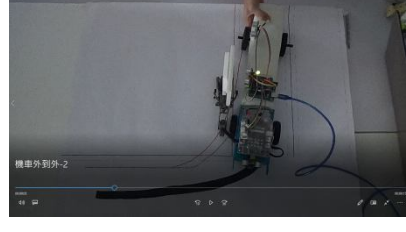
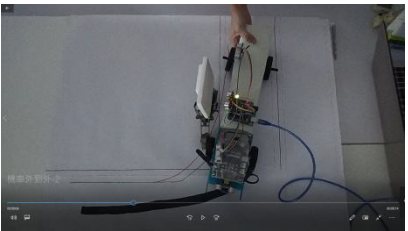
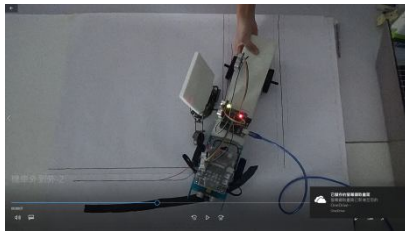
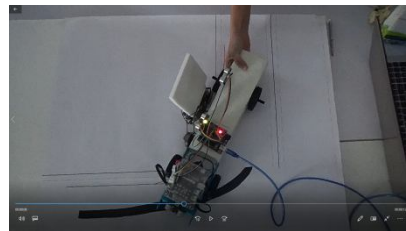
#### 3-b/機車內到外

<p>啟動，前輪感應器啟動</p>	<p>車前進，機車進入危險區域</p>	<p>大型車撞到機車</p>
		
<p>機車被拖離車道</p>	<p>機車被撞倒</p>	<p>機車被撞倒</p>
		

### 3-c/機車外到內

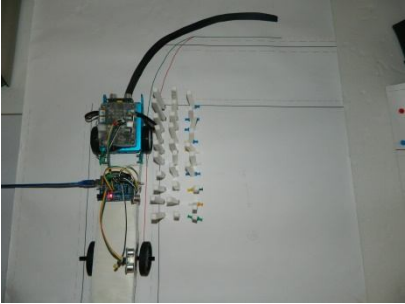
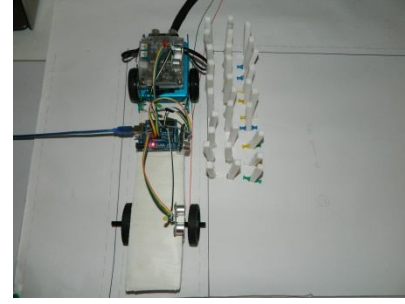
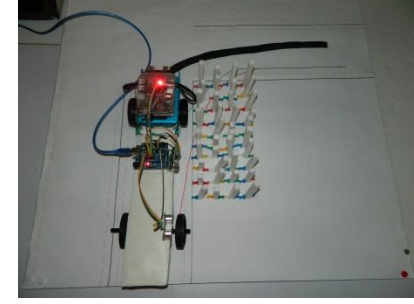
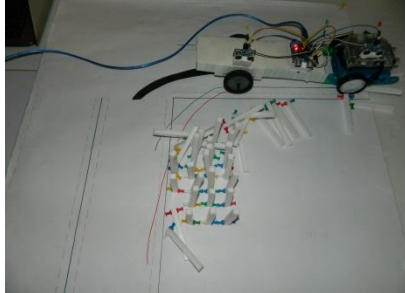
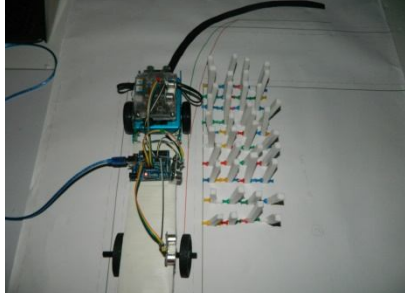
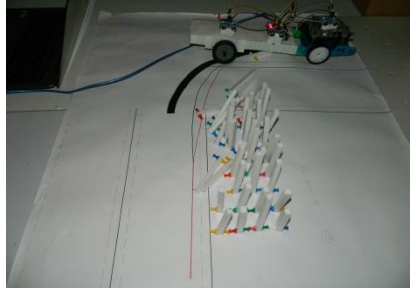
<p>啟動</p>	<p>後輪感應器啟動，機車進入危險區域</p>	<p>後輪感應器啟動，機車進入危險區域</p>
		
<p>後輪感應器啟動，機車進入危險區域</p>	<p>後輪感應器啟動，機車進入危險區域，快撞到機車</p>	<p>後輪感應器啟動，機車慢慢遠離危險區域</p>
		

### 3-d/機車外到外

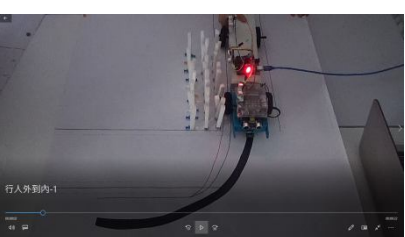

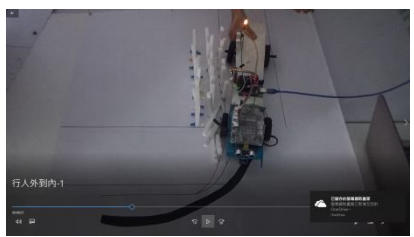
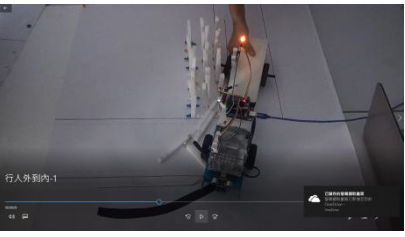
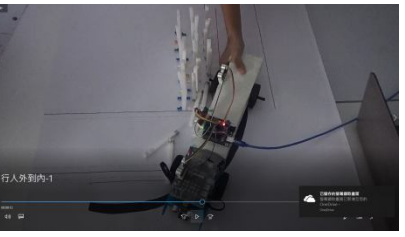
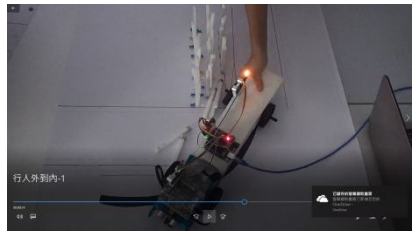
<p>啟動</p>	<p>車身感應器啟動</p>	<p>車身感應器啟動</p>
		
<p>車身感應器啟動，機車進入危險區域</p>	<p>機車被撞到，開始偏移傾斜</p>	<p>車身撞到機車</p>
		

#### 4. 實驗結果紀錄—行人

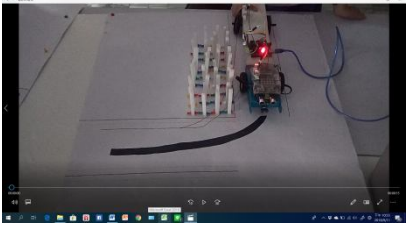
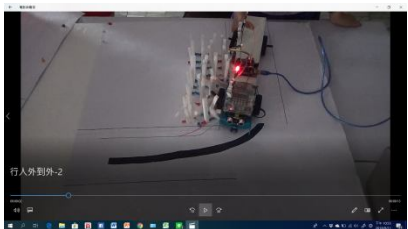
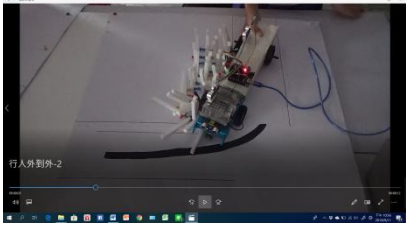
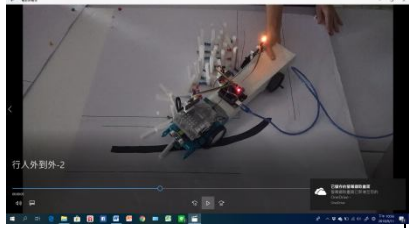
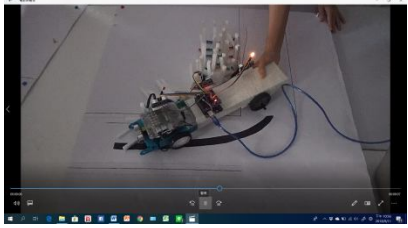
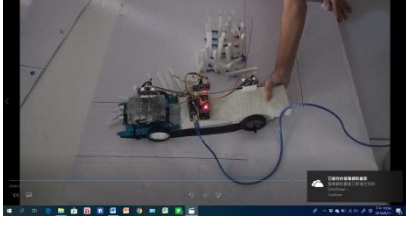
##### 4-0/行人內到內

以珍珠板代表行人位置	以珍珠板代表行人位置	行人站立位置較密集
		
轉彎模擬圖	轉彎模擬圖	轉彎模擬圖
		

##### 4-a/行人內到內

啟動，車身感應器啟動	啟動後轉彎，撞到行人	撞到行人
		
撞到行人	撞到行人	撞到行人
		

#### 4-b/行人外到外

<p>啟動，車頭感應器啟動</p>	<p>啟動後開始轉彎，撞到行人</p>	<p>撞到行人</p>
		
<p>撞到行人</p>	<p>撞到行人</p>	<p>撞到行人</p>
		

### 【實驗討論】

【實驗一】組裝 mBot 機械人，並加裝車身，以符合大型車的比例。

### 【實驗討論】

實驗設計以市區為主，市區大卡車有行車限制，研究團隊討論後以大客車為主要討論，在左轉及右轉條件中，右轉車輛的內輪差在右側，正好是機車道及人行道，經過討論後，決定以大客車右轉四種轉彎條件（內到內、內到外、外到內、外到外）作為獨立研究探討主題。

【實驗二】計算大車轉彎時前後輪的轉彎半徑，並計算內輪差危險區域。

實驗結果紀錄及換算：將實驗結果計算的迴轉半徑乘20倍，計算大客車的迴轉半徑及內輪差

轉彎模式	前輪迴轉半徑 實驗結果/換算實際半徑	後輪迴轉半徑 實驗結果/換算實際半徑	車頭軌跡 實驗結果/換算實際半徑	內輪差 前輪-後輪
內到內	27.0cm/5.4m	14.75cm/2.95m	2.5cm/0.50m	2.45m
內到外	26.5cm/5.3m	16.5cm/3.30m	3.0cm/0.60m	2.00m
外到內	15.5cm/3.1m	6.5cm/1.30m	2.5cm/0.50m	1.80m
外到外	20.0cm/4.0m	12.0cm/2.40m	2.5cm/0.50m	1.60m

內輪差為前後輪距的1/3，大客車前後輪距6.00公尺，內輪差為2.00公尺（理論值）

### 【實驗討論】

經過實驗紀錄及換算，四種轉彎模式的內輪差為1.60公尺~2.45公尺，都接近理論值，以內到內的內輪差距離最大，迴轉半徑也最大，換算後的危險區域也最大，符合時實驗觀察結果。

【實驗三】測試 Arduino 紅外線感應器，按照危險區域比例設定感應器，並進行距離及感應測試。

實驗結果紀錄：

	前輪感應器感應距離	車身感應器感應距離	後輪感應器感應距離
大型車危險區域範圍	5.4公尺	3.3公尺	0.6公尺
感應器設定感應距離	27.0公分	16.5公分	3.0公分
計算依據	車頭迴轉半徑 四種模式取最大值	後輪迴轉半徑 四種模式取最大值	車頭迴轉半徑 四種模式取最大值

### 【實驗討論】

1. 測試 Arduino 紅外線感應器前，要設定感應器距離，研究團隊討論後，決定感應器的距離設定以最大安全範圍為主，前輪感應器設定距離以內到內危險區域範圍27.0公尺為基準，換算感應器設定距離為27.0公分，依此原則，車身感應器設定距離為16.5公分，後輪感應器設定距離為3.0公分。

2. 決定設定距離後，修改三個感應器設定距離，在靜止中先行測試，大型車放置在車道上，啟動感應器並連接電腦，以手掌慢慢接近三個感應器，觀察感應器是否啟動，測試結果三個感應器在設定的距離都可以運作。

**【實驗四】**製作小型車、機車及行人模型，進行大型車轉彎測試，測試感應器是否可以在人車進入危險區域時提出警示。

### 【實驗討論1】靜止間測試：

轉彎模式		前輪感應器	車身感應器	後輪感應器
內到內	進入危險區域警示	可以作用	可以作用	可以作用
內到外	進入危險區域警示	可以作用	可以作用	可以作用
外到內	進入危險區域警示	可以作用	可以作用	可以作用
外到外	進入危險區域警示	可以作用	可以作用	可以作用

## 【實驗討論2】實驗結果紀錄—小型車

### 2-a/小型車內到內

	前輪感應器	車身感應器	後輪感應器
進入危險區域警示			啟動並作用
討論	轉彎模式內到內的迴轉半徑最大，大型車啟動後後輪感應器作用，後輪感應器會發出警示，警告並提醒大型車及小型車駕駛保持安全距離		

### 2-b/小型車內到外

	前輪感應器	車身感應器	後輪感應器
進入危險區域警示	啟動/車頭撞到小型車		
討論	轉彎模式內到內的迴轉半徑較小，大型車啟動後前輪感應器先作用，後輪感應器會發出警示，警告並提醒大型車及小型車駕駛保持安全距離，若未保持安全距離，大型車撞到小型車		

### 2-c/小型車外到內

	前輪感應器	車身感應器	後輪感應器
進入危險區域警示	啟動並作用		
討論	轉彎模式內到內的迴轉半徑最小，大型車啟動後前輪感應器作用，前輪感應器會發出警示，警告並提醒大型車及小型車駕駛保持安全距離		

### 2-d/小型車外到外

	前輪感應器	車身感應器	後輪感應器
進入危險區域警示	啟動並作用	啟動並作用	啟動並作用
討論	轉彎模式內到內的迴轉半徑較小，大型車啟動後前輪感應器作用，若未保持安全距離，車頭撞到小型車，若仍未保持安全距離，車身感應器啟動，大型車仍撞到小型車，接著後輪感應器啟動，外到外的轉彎模式最容易發生意外事故		

### 【實驗討論3】實驗結果紀錄—機車

#### 3-a/機車內到內

	前輪感應器	車身感應器	後輪感應器
進入危險區域警示			啟動並作用
討論	轉彎模式內到內的迴轉半徑最大，大型車啟動後感應啟動器作用，後輪感應器會發出警示，警告並提醒大型車及機車駕駛保持安全距離，轉彎模式內到內因為轉彎半徑最大，安全距離較大，較不易發生事故		

#### 3-b/機車內到外

	前輪感應器	車身感應器	後輪感應器
進入危險區域警示	啟動/車頭撞到機車 機車被撞倒並拖離位置		
討論	轉彎模式內到內的迴轉半徑較小，大型車啟動後前輪感應器先作用，後輪感應器會發出警示，警告並提醒大型車及機車駕駛保持安全距離，若未保持安全距離，大型車撞到機車，機車被撞倒並拖離原位置		



### 3-c/機車外到內

	前輪感應器	車身感應器	後輪感應器
進入危險區域警示			啟動並作用
討論	轉彎模式內到內的迴轉半徑較小，大型車啟動後後輪感應器作用，後輪感應器會發出警示，警告並提醒大型車及機車駕駛保持安全距離，若未保持安全距離，大型車幾乎撞到機車		

### 3-d/機車外到外

	前輪感應器	車身感應器	後輪感應器
進入危險區域警示		啟動並作用	
討論	轉彎模式內到內的迴轉半徑最小，大型車啟動後車身感應器作用，車身感應器會發出警示，警告並提醒大型車及機車車駕駛保持安全距離，若未保持安全距離，機車進入危險區域，先被大型車撞倒，傾斜並偏移，若仍未保持安全距離，機車被撞倒並拖離原位置		

**【實驗討論4】** 實驗結果紀錄—行人，因為車道的位置考慮，以轉彎到外側車道為主，分為內到外及外到外兩種進行測試。

### 4-a/行人內到外

	前輪感應器	車身感應器	後輪感應器
進入危險區域警示			啟動並作用
討論	若行人未保持安全距離，進入內輪差危險區域，若仍未遠離危險區域，行人會被撞倒並捲入大型車車底		

#### 4-b/行人外到外

	前輪感應器	車身感應器	後輪感應器
進入危險區域警示	啟動並作用		
討論	若行人未保持安全距離，進入內輪差危險區域， 若仍未遠離危險區域，行人會被撞倒並捲入大型車車底		

### 伍、結論

一、以大客車右轉四種轉彎條件（內到內、內到外、外到內、外到外）作為獨立研究探討主題。

二、實驗二計算大車轉彎時前後輪的轉彎半徑，計算內輪差危險區域及內輪差，計算結果如下：

迴轉半徑說明：

轉彎模式	前輪迴轉半徑 實驗結果/換算實際半徑	後輪迴轉半徑 實驗結果/換算實際半徑	說明
內到內	27.0公分/5.4公尺/最大	14.75公分/2.95公尺	
內到外	26.5公分/5.3公尺	16.5公分/3.30公尺/最大	
外到內	15.5公分/3.1公尺	6.5公分/1.30公尺	
外到外	20.0公分/4.0公尺	12.0公分/2.40公尺	最危險轉彎模式

內輪差說明：

轉彎模式	內到內	內到外	外到內	外到外
內輪差	2.45公尺	2.00公尺	1.80公尺	1.60公尺

內輪差為前後輪距的1/3，大客車前後輪距6.00公尺，內輪差為2.00公尺(理論值)，實驗結果接近理論值。

三、測試 Arduino 紅外線感應器，按照危險區域比例設定感應器，前輪感應器

設定感應距離為27.0公分，琛身感應器設定感應距離為16.5公分，後輪感應器設定感應距離為3.0公分，並進行距離及感應測試，測試結果感應器可以感應啟動並作用。

#### 四、實驗四測試小型車，測試結果統計如下：

	前輪感應器	車身感應器	後輪感應器
內對內進入危險區域警示			啟動並作用
內對外進入危險區域警示	啟動並作用/撞到		
外對內進入危險區域警示			啟動並作用
外對外進入危險區域警示	啟動並作用/撞到	啟動並作用/撞到	啟動並作用/撞到

實驗結果說明，Arduino 感應器可以發揮作用，當小型車進入危險區域時，提出警示並提醒小型車駕駛保持安全距離，若未保持安全距離，外到外的轉彎模式最容易發生意外事故，其次是內到外的轉彎模式。

#### 五、實驗四測試機車，測試結果統計如下：

	前輪感應器	車身感應器	後輪感應器
內對內進入危險區域警示			啟動並作用
內對外進入危險區域警示	啟動並作用/撞到		
外對內進入危險區域警示			啟動/幾乎撞到
外對外進入危險區域警示		啟動並作用/撞到	

實驗結果說明，Arduino 感應器可以發揮作用，當機車進入危險區域時，提出警示並提醒機車駕駛保持安全距離，若未保持安全距離，外到外的轉彎模式最容易發生意外事故，其次是內到外的轉彎模式。

六、實驗四測試行人，若行人未保持安全距離，進入內輪差危險區域，感應器會發出警示，若仍未遠離危險區域，行人會被撞倒並捲入大型車車底。

七、從以上的實驗結果，Arduino 紅外線距離感應器可以有效解決內輪差及視線死角的問題，希望未來可以繼續研究，將感應器組裝到真正的大型車上，進行

道路測試並調整相關的誤差，讓感應器可以確實解決內輪差及視線死角的問題，減少事故發生機率，保障人車安全。

## 陸、參考文獻

壹、中文部分：

國民中學 自然與生活科技第五冊 南一出版社

貳、網路資源：

### 【摘要及資料庫資料】

1. 內輪差轉彎 簡報資料

<http://cyi.thb.gov.tw/Doc/101.10.18.%E8%BB%8A%E8%BC%9B%E8%A1%8C%E9%A7%9B%E7%89%B9%E6%80%A7%E7%AF%87.pdf>

2. 內輪差與外輪差 crtzen提供

[http://crtzen.blogspot.tw/2007/11/blog-post\\_20.html](http://crtzen.blogspot.tw/2007/11/blog-post_20.html)

3. 行人安全守則 鳳山高中

<http://web4.fssh.khc.edu.tw/department/mil/trafficsafe/traffic.htm>

4. 內輪差公式 番茄部落格

<http://z0fu6.blogspot.tw/2011/07/blog-post.html>

5. 內輪差公式 連仁宗

<https://stc.thb.gov.tw/epaper/docs/201009/%E9%80%A3%E4%BB%81%E5%AE%97%E8%BB%8A%E8%BC%9B%E7%9A%84%E8%BD%89%E5%90%91%E5%8E%9F%E7%90%86%E8%>

88%87%E7%A9%A9%E5%AE%9A%E6%80%A7. pdf

6. 內輪差範圍 百度百科

<https://baike.baidu.com/item/%E5%86%85%E8%BD%AE%E5%B7%AE>

7. 內輪差範圍 華人百科

<https://www.itsfun.com.tw/%E5%85%A7%E8%BC%AA%E5%B7%AE/wiki-5034566-5260446>

8. 行車視野死角與內輪差 簡報資料

<file:///C:/Users/garydd/Downloads/%E4%BA%A4%E9%80%9A%E5%AE%89%E5%85%A8%E5%AE%A3%E5%B0%8E--%E8%A6%96%E9%87%8E%E6%AD%BB%E8%A7%92%E8%88%87%E5%85%A7%E8%BC%AA%E5%B7%AE.pdf>

9. 內輪差公式 互動百科

<http://www.baik.com/wiki/%E5%86%85%E8%BD%AE%E5%B7%AE>

10. 內輪差發生原因 GOO 車訊網

<http://carnews.com/news/article/49098>

11. 內輪差安全須知 YAHOO 奇摩知識

<https://tw.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080203000010KK07455>

12. 車輛規格

[motclaw.motc.gov.tw/wfrmDownload.aspx?ID=1737&type=Law](http://motclaw.motc.gov.tw/wfrmDownload.aspx?ID=1737&type=Law)

13. 58屆台南市科展—國中組生活與應用科/環保與民生—大車轉彎請小心