

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科(一)

佳作

082819

頂刮刮—智能刮水車之探究

學校名稱：臺中市私立明道普霖斯頓國民小學

作者：	指導老師：
小五 劉子頤	劉振維
小五 林星睿	劉原旭
小四 吳思嫻	
小四 蘇俐綺	
小四 陳柔伊	

關鍵詞：自動控制、連桿結構、積水感測器、電子羅盤

頂刮刮－智能刮水車之探究

摘要

本研究主要探討如何製作出一臺智能刮水車，透過自製的車體連接刮刀，使用拉伸彈簧連接刮刀與車體，提供路面高低時的緩衝，與刮水時的拉力。經過實驗證明，使用兩刷搭配 1 kg 的彈簧拉力可以將積水刮開 621 公分，透過自製積水感測器，可以感測車輛是否通過積水，感測器安裝在刮刀前方，能有效的了解刮刀內是否有還有積水，搭配刮刀升降系統，在有積水時放下刮刀，在車輛行駛時刮刀上升，將刮刀摩擦力影響降到最小。透過電子羅盤定位籃球場的方位角度，自動修正刮水車前進偏移的問題，搭配量測車輛速率後，配合換算距離的方式，讓刮水車順利實現在籃球場上來回刮水的功能。

壹、前言

一、研究動機

在下雨過後，會產生許多的積水，踩到積水容易滑倒受傷，也會弄髒衣服，鞋子襪子，也會濕濕黏黏的一整天，而且積水十分不容易乾，容易滋生孑孓。同學在籃球場操場跑步，常常因積水而滑倒受傷。為了避免這樣的情況，老師和同學會在下雨天後使用刮刀，將水刮開，來加速乾燥，雖然這樣可以快點使用籃球場，但是過程費時又費工，鞋子襪子也容易濕掉，並且要特別注意不要滑倒，因此，我們希望能製作一款自動刮水的設備，在下雨天過後，自動刮除積水維護環境衛生，省時省力，且安全，讓老師跟同學不用辛苦的清除積水。

我們觀察家裡掃地機器人的運作時，分析掃地機器人能夠自動清掃的原因及原理。並且分解成幾個要素：

- (一) 能夠運作的車體：車體上面包含馬達、吸塵設備、電路板與電池。
- (二) 吸塵設備：負責清掃灰塵與收集灰塵是掃地機器清掃能力的關鍵。
- (三) 感測器：負責掃地機器人對於環境周圍的感測，每個感測器都有其負責的項目，因此越複雜功能的掃地機器人感測器數量越多。
- (四) 電池：負責提供掃地機器人能量來源的地方，電量決定運行的時間，但是如果電池太重會影響車體前進的運行的效率。
- (五) 電路板：掃地機器人的控制中心，除了控制車輛的動作外，也負責整合感測器資料，而其中最重要的是路線的計算方式，將收集到的數據加以運用，形成清掃邏輯。

二、研究目的

透過上課學到的智能車知識，我們拆解智能車的馬達、控制板、與電池等元件，來製作車子。結合刮刀與機械動作使刮刀能與車子結合，順利刮除水分，透過自製的積水感測器，能在車子行進間感測路面積水狀況，交由 micro:bit 判斷行駛時，路面積水的狀況，控制刮刀的上升與下降，最後使用電子羅盤來引導整個車子前進的方向。

研究一：製作結合馬達與刮刀的刮水車。

研究二：研究自製積水感測器與強化刮除積水功能。

研究三：運用升降刮刀系統解決刮刀轉彎摩擦力的影響。

研究四：確定適合彈簧拉力與刮刀種類提升刮水效率。

研究五：運用電子羅盤指引刮水車筆直前進。

研究六：運用智能刮水車在籃球場執行刮水任務。

三、文獻探討

我們查閱歷年全國科展作品，沒有結合刮刀與智能車的相關研究，查詢市面上也沒有相關的設施，在查閱的過程中，參考歷年智能車研究方向，讓我們收穫良多，以下是我們整理的內容。

歷年研究關於智能車的作品

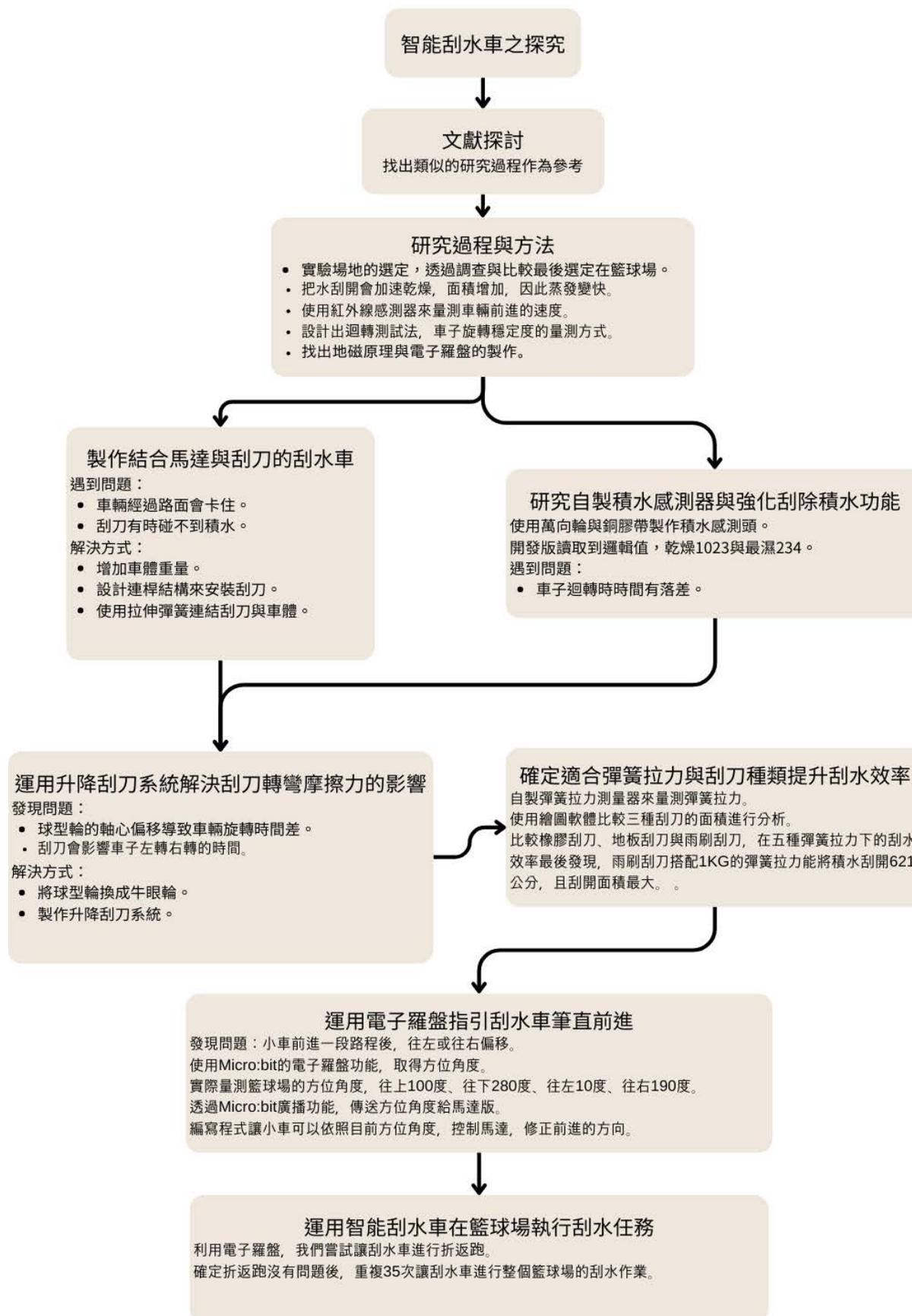
作品名稱	研究大綱	特點
全國 61 屆 子子掰掰~ 智能水溝清理機	使用智能車搭配自製鏈條 清理模組，來清理水溝	車子能在水溝前進 可以自動清理水溝的子子
全國 60 屆 智能割草機	使用自製車體，搭配自製 齒輪與刀具模組來清理雜 草	自製車體與刮刀模組來清理雜草 自製車輛能在草地上行走 遇到障礙物能後退避開
全國 60 屆 Book 救藥 智能車送藥防疫與 消毒系統	使用智能車來幫忙送藥量 體溫與求救	使用到無線模組 使用 line 的通知與遠端監控 能記錄相關的數據

貳、研究設備及器材

各類水管	水管剪	刮刀	地板刮刀	雨刷
木螺絲	束線帶	各類木板	木工鋸子	各類角鐵
micro:bit	micro:bit 開發板	電線工具	萬向輪	牛眼輪
移動電源供應器	電焊槍	三用電錶	電動起子	土壤濕度感測模組
杜邦線	TT 馬達用輪胎	TT 馬達	18650 電池	球型輪

參、研究過程或方法

一、研究過程：



二、研究方法

(一) 學校積水環境的調查：

在下雨天過後，實際調查學校內有積水的地方、詢問老師需要先刮水的地點（以數字代替 1~5，5 為最優先）、以及詢問校護老師，同學最常滑倒的地點（以數字代替 1~5，5 為最常有學生滑倒）。

地點	地質	工具	優先清除積水	容易受傷	滋生子子
廣場	洗石子地	刮刀，海綿拖把	5	5	有
籃球場	水泥地	刮刀	5	5	無
足球場	草地	無法處理，只能等自然乾燥		2	無
操場跑道	PP	刮刀	4	3	有
生態池旁樹下	泥土	無法處理，只能等自然乾燥		2	有
花圃	磚塊與泥土	無法處理，只能等自然乾燥		2	有

經過調查發現：

1. 廣場的洗石子地和籃球場的水泥地是學校最容易因為積水而受傷的地方。
2. 老師會用刮刀來刮開水，然後等待自然乾燥。如果只有一點點積水，老師會用海綿拖把來吸乾水。

(二) 研究場地的選定：

根據我們的調查，學校廣場、籃球場和跑道是老師們最需要先清除積水的地方。綜合比較後，我們選擇在籃球場進行研究。籃球場有以下的優勢：

1. 積水比較容易觀察，方便研究。
2. 場地是長方形，障礙物較少，適合自動刮水車前進。
3. 老師們通常會優先清理籃球場的積水，所以這個研究可以解決老師們的煩惱。

(三) 關於蒸發的原理：

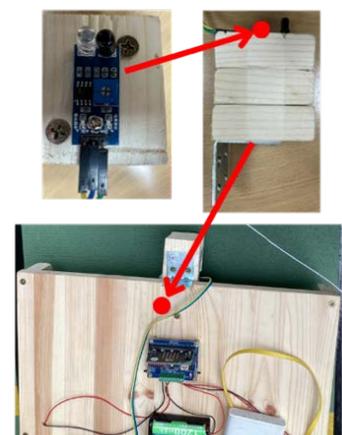
上自然課時老師有說過，水在自然的情況下，變成水蒸氣，液態的水變成氣態的水蒸氣的現象，稱為蒸發，除了讓水自然情況下蒸發，我們還可以利用下面幾種方式來提升蒸發速度，提高溫度、風吹、增加接觸空氣的表面積等方式。當我們用刮刀把積水刮開的時候，空氣就可以接觸到積水，這樣積水的面積就變大了，就可以加速蒸發的速度，使水分更快地蒸發，讓地面更快的變乾。

(四) 車子速度的量測方式：

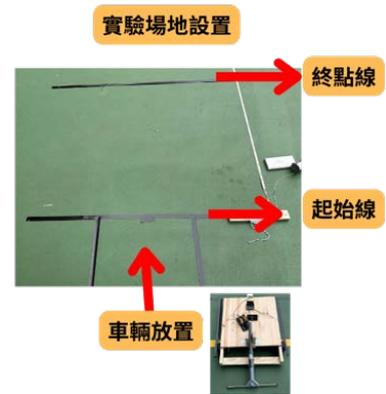
為了解刮水設備會不會影響車子前進的速度，我們使用 TCRT5000 的紅外線避障感測器搭配 micro:bit 能分辨出黑線，製作步驟為：

1. 安裝紅外線避障感測器：在小車的前方安裝紅外線避障感測器，以測量小車的前進地面顏色的變化。

感測器的安裝

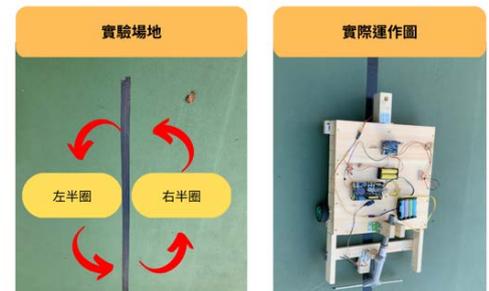


2. 設置測量區域：在小車的前方設置兩條黑線，一條為起始線，一條為終點線，兩條線間距一公尺，並確保紅外線感測器通過時能夠感測到黑線。
3. 執行測量：在小車前進一公尺的時間內，通過記錄紅外線避障感測器感測兩條黑線通過的時間，計算出小車的前進速率。
4. 計算速率：計算小車前進一公尺所用的時間，再透過速度 = 距離/時間 的公式計算出小車的前進速率。



(五) 迴轉測試法(車子旋轉穩定度的量測方式)：

為了瞭解刮刀對於車子轉彎的影響，還有量測車輛轉彎時候的穩定性，我們利用量測車輛前進距離的感測測器，在地上貼上一條黑線，來量測車子原地旋轉時通過黑線所需要的時間，以此作為穩定性的判斷



(六) 地磁與電子羅盤：

上自然課時，有使用指北針來找到北方的方向，課本內有說明因為指北針利用了磁力的特性來幫助我們找方向。地球本身也有磁力，所以指北針可以感受到地球的磁場，並指向地球北極的方向。

電腦課的時候有使用過 micro:bit 來測量磁場的方向，透過程式讀取方位感測值，做電子羅盤的效果。

肆、研究結果與討論

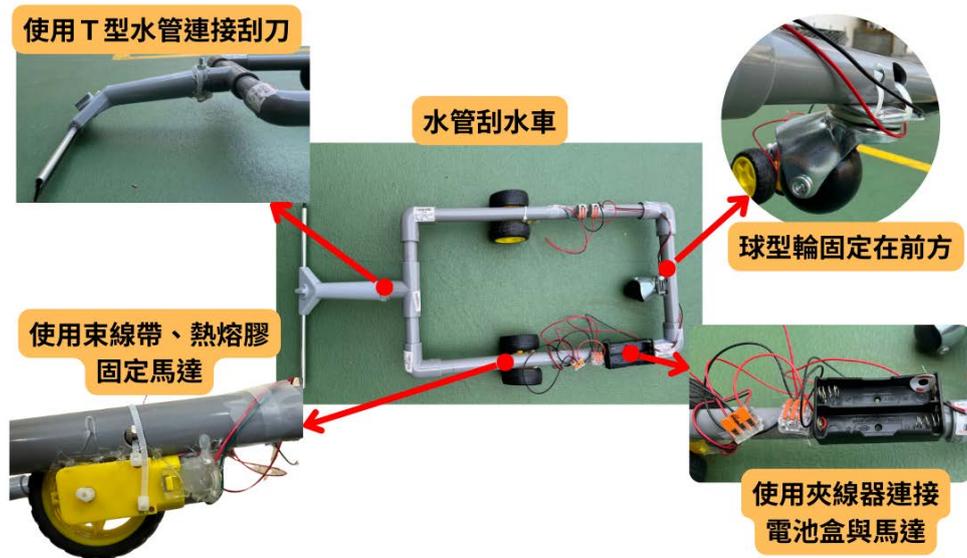
研究一：製作結合馬達與刮刀的刮水車

一、第一代車體－使用水管製作車體連結馬達與刮刀進行測試

我們開始製作刮水車體，使用了智能小車的設計方式。我們參考了智能小車的設計圖，重新設計了一個更大的車體，並且連接了刮刀。

為了製作這個車體，我們到了五金行詢問老闆。他建議我們使用水管和水管連接器，組合成車體。並且為了讓馬達牢牢的固定在車體上，我們使用了束線帶來固定馬達，利用束線帶容易安裝和拆卸的特性，讓我們在日後實驗時更換馬達更加的方便。

(一) 製作過程



(二) 測試結果



(三) 討論

1. 【證明】車子能夠帶動刮刀前進，且能刮到積水，所以初步使用車子帶動刮刀來刮水是可行的方向。
2. 【分析】積水沒有被刮刀帶開，可能是向下力道不夠，或者速度不夠快而不能把積水帶開。
3. 【發現】車子前進時，有時候會卡住，經由影片觀察發現，刮刀和馬達遇到地面有落差的路段時，就會造成馬達的空轉，使車子無法前進。
4. 【需求】安裝 micro:bit，讓車子可以前進、後退、左轉、右轉，來驗證目前的車體架構是否沒有問題。

二、第一代車體—改良刮水機構—安裝彈簧

在先前的測試中，我們發現完全固定刮刀和馬達會因地面不平整而使車輛無法前進，因此我們在刮刀上增加了彈簧裝置來達到緩衝的效果。

(一) 製作過程



(二) 測試結果

1. 彈簧固定不穩定，容易脫落。
2. 在設計時加入螺絲來調整彈簧伸縮的強度，但是彈簧力量過強會使刮刀撐起車體，彈簧力量過弱會使刮刀刮水效率和之前一樣。使用T型水管連接器連接水管刮刀時，刮刀無法順利上下滑動。

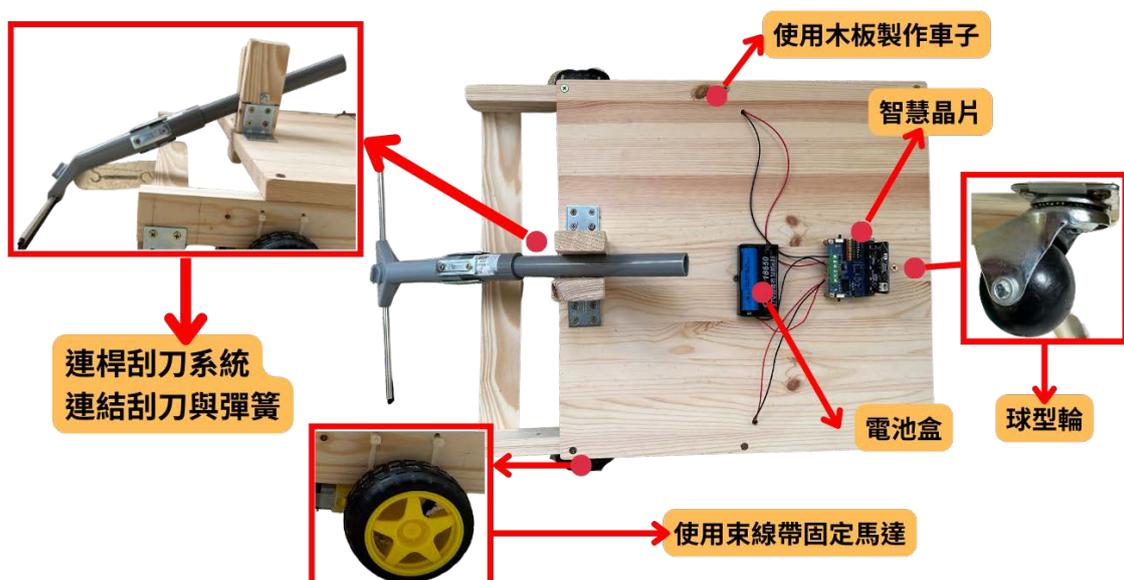
(三) 討論

1. 【發現】目前的彈簧設計方案不佳，車子運行時會造成脫落，需要改良結構。
2. 【分析】使用水管製作車體太輕，因此使用彈簧來增加車子向下的力量時，車子會被撐起來，因此需要增加車子的重量。

三、第二代車體—增加車體重量、連桿刮刀系統

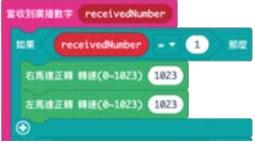
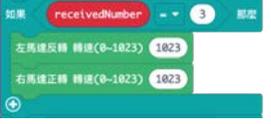
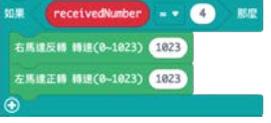
由於水管的重量比較輕，因此將材料換成木頭，來增加重量，改良車體架構，並且使用micro:bit，來控制小車的方向。

(一) 製作過程：



(二) 程式編寫

我們使用 micro:bit 搭配馬達板來編寫程式，透過 micro:bit 特有的廣播積木，讓車子可以接收不同 micro:bit 的訊號，進行動作。

程式圖片	說明
	設定刮水車的廣播編號，如果後面有同時使用不同刮水車的話，就要設定不同的編號來控制不同的刮水車。
	設定刮水車當收到廣播 數字 1 的時候，左右馬達都會正轉，讓車輛 前進
	設定刮水車當收到廣播 數字 2 的時候，左右馬達都會反轉，讓車輛 後退
	設定刮水車當收到廣播 數字 3 的時候，左馬達反轉右馬達正轉，讓車輛 左轉 。
	設定刮水車當收到廣播 數字 4 的時候，左馬達正轉右馬達反轉，讓車輛 右轉 。
	設定小車當收到廣播 數字 5 的時候，刮水車 停車 。

(三) 測試結果：

1. 一代小車的重量為 1.2 公斤，二代小車重量為 3.2 公斤，重量提升了約 2.67 倍。
2. 原本無法通過的地面，可以通過了，且測試整個籃球場，都可以行駛。
3. 車子能順利通過積水，並且對比一代小車能刮開更多的積水。

(四) 討論：

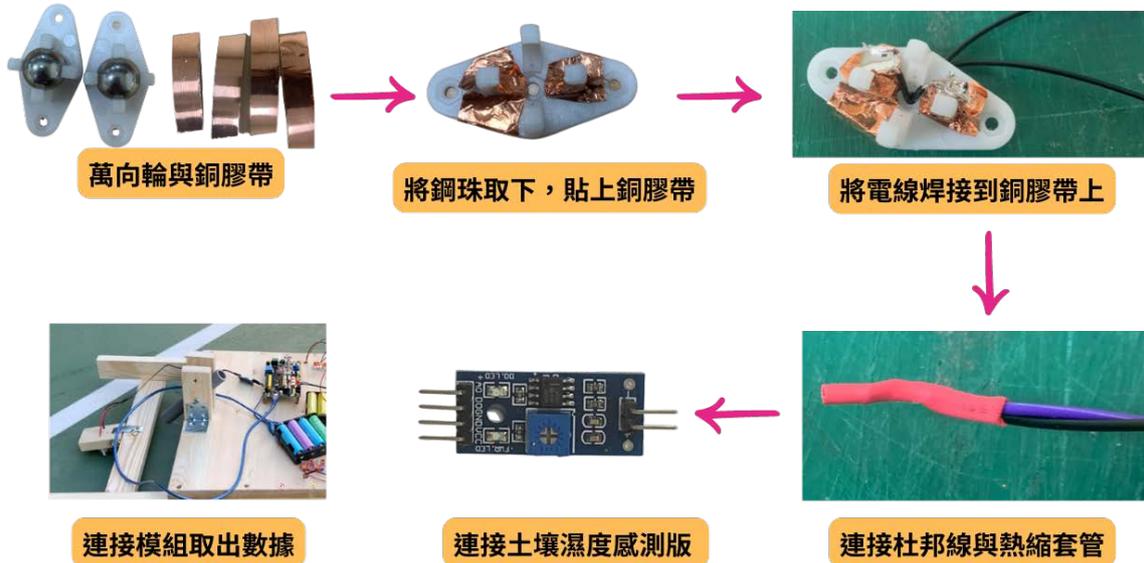
1. 【解決】使用連桿機構，固定刮刀，配合拉伸彈簧，解決因為地面落差時車子無法前進的問題，並能使刮刀更加貼和路面，提升刮水效率。
2. 【解決】車子安裝 micro:bit 配合馬達板，透過 micro:bit 的廣播方式，控制車子的前進、後退、左轉、右轉與停車。
3. 【問題】積水能夠被帶到更遠的距離，但是彈簧力道需等待實驗之驗證，並且尋求是否能有更好的刮刀來取代刮除效果。
4. 【需求】測試能刮開積水，但是缺少感測器來判斷地面上是否有積水，如果能在車子通過積水後判斷刮刀內無積水時進行迴轉，這樣可以達成強化刮除積水的效果。

研究二：研究自製積水感測器與強化刮除積水功能

一、感測地面上積水的方法

上電腦課時，老師有教過土壤濕度感測器，可以量測出土壤中水份的變化，但是土壤濕度感測器的接頭如果連接在車子上使用，除了損耗接頭外，對地面也會造成刮傷，因此我們想到可以透過萬向輪與銅膠帶來改造積水感測器。

(一) 製作過程



(二) 程式編寫

程式圖片	說明
	<p>設定開啟時要使用 OLED 螢幕，並且清除 OLED 螢幕</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ● OLED 顯示的方式是由左上角定位 X=0, Y=0。 ● 我們將第一行顯示 hi 確認板子有無異常。 ● 接者將積水感測器安裝到 P3 腳位。 ● 讀取 P3 腳位類比信號的邏輯值(0~1023)，到第二行顯示出來。 ● 為了防止讀取數速度過快，造成 OLED 閃爍，所以我們設定 100 毫秒才讀取一次。

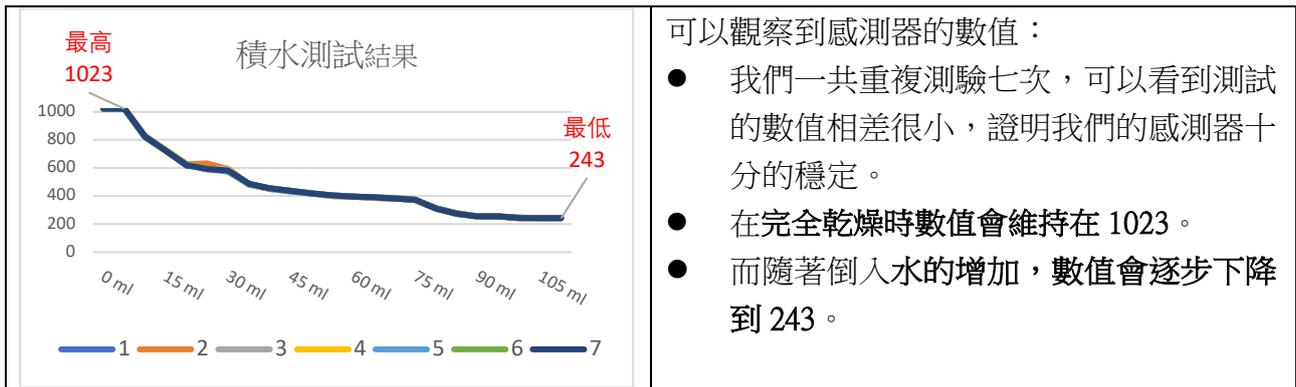
(三) 感測器的數值定義

由於感測器取得的數值為邏輯值，其範圍從 0 到 1023，但是數值無法反應實際積水的狀況，因此需要實際量測的數值定義方式如下：

1. 使用 100ml 的燒杯，從空杯開始量測積水感測器的數值。
2. 使用針筒來控制每次加入 5ml 的水，讀取開發板 OLED 上的邏輯數值。
3. 重複此步驟直到水淹過感測器。



實驗圖片



(四) 通過積水的量測：

為了實際驗證小車通過積水時數值是否能正確感測到，因此我們進行量測，其量測方式如下：

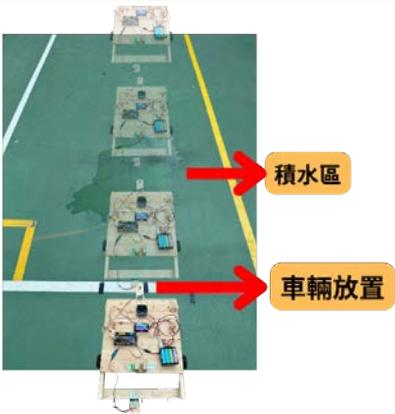
1. 在籃球場選定量測點，並倒入 1 公升的水來模擬積水。
2. 編寫程式紀錄每 0.1 秒的量測數據並顯示在 OLED 面板上。
3. 刮乾積水，等待地面乾燥再次量測。

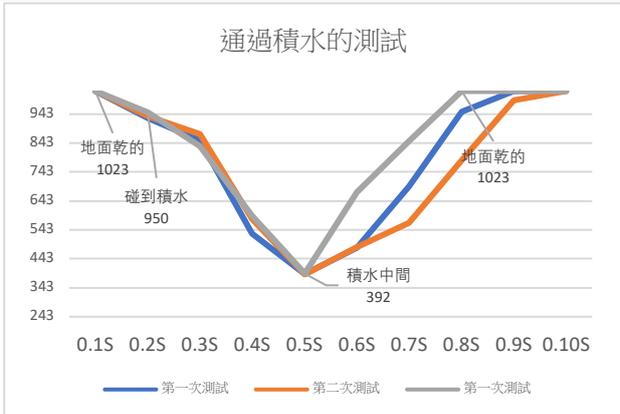
(五) 程式編寫

程式圖片	說明
	<p>設定廣播群組來通知馬達板控制刮水車。</p> <p>變數感測器記錄，用來存放感測器的數值。</p> <p>變數工作狀態，用來判斷是否需要工作。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 工作狀態=0：不用記錄積水數值。 ● 工作狀態=1：記錄積水數值。
	<p>當按下 micro:bit 主板上的 A 鍵時：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 發送廣播數字 1，通知馬達板開始前進。 ● 清空感測器記錄的數值。 ● 工作狀態設定為 1，開始記錄積水數值。 <p>當按下 micro:bit 主板上的 B 鍵時：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 發送廣播數字 5，通知馬達板停車。 ● 工作狀態設定為 0，停止記錄積水數值。

	<ul style="list-style-type: none"> ● 重複無限次的，記錄感測器數值（類比信號讀取 P3）。 ● 每 0.1 秒，感測器直寫入感測器記錄列表。
	<ul style="list-style-type: none"> ● 感測器記錄列表的數值很多，因此可以使用另外一塊 micro:bit 來要完成上一頁，下一頁的切換。
	<ul style="list-style-type: none"> ● 函式 show ● 主要讀取感測器數值列表裡面的數值，顯示在 OLED 上。

(六) 實驗過程與數據





時間 (s)	第一次測試	第二次測試	第三次測試
0.1S	1023	1023	1023
0.2S	1023	1023	1023
0.3S	1023	1023	1023
0.4S	950	950	950
0.5S	392	392	392
0.6S	392	392	392
0.7S	543	543	543
0.8S	843	843	843
0.9S	1023	1023	1023
1.0S	1023	1023	1023

(七) 討論：

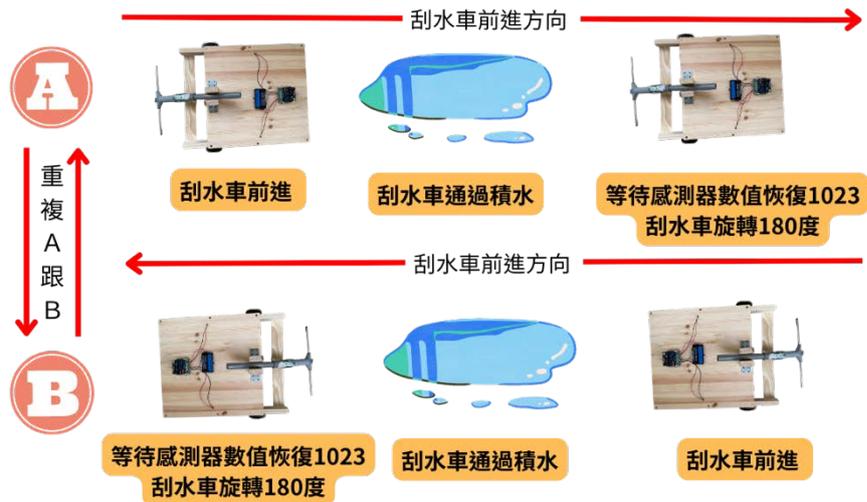
1. **【證明】** 積水感測器可以感測地面上的積水，並且對積水的數值有所變化。
2. **【結論】** 經由測試數據發現，乾的地面邏輯數值為 1023，最低可以達到 389。
3. **【發現】** 積水感測器放置到刮刀前面，可以判斷通過積水時，刮刀前方是否還有積水。
4. **【發現】** 經過多次測試，**地面上並沒有刮痕**，可以安心的使用。

二、研究車子加強刮除積水

我們觀察家裡的掃地機器人的運作模式，主要有兩種模式：第一種是來回巡邏式的大面積清掃，另外一種是針對比較髒亂的地方進行區域式加強清掃，因此我們想出如果能夠針對積水的區域強化清掃，讓地板變乾的話就太好了。

我們分析刮水方式，並且繪製出小車刮水的流程，以此寫出自動刮水的程式。使用積水感測器來判斷，是否有碰到積水，以及離開積水後，刮刀是否有在刮除積水，並且透過 micro:bit 藍牙廣播的功能來控制車子的移動。

(一) 功能發想



(二) 編寫程式

修改積水感測器裡面的程式，進行邏輯的判斷，透過廣播來控式刮水車

程式圖片	說明
	<p>新增變數延遲偵測，用來調整感測器感測到沒水後，還要前進的時間。</p>
	<p>新增函示 move(要改變的方向)： 透過 move_status 的變數，存放目前移動的模式，達成減少廣播訊息的發送量。</p>
	<p>新增函示轉彎： 透過暫停的時間，來設定轉彎的角度。</p>
	<p>開始工作時，刮水車會前進 等待一秒感測是否有刮到積水， 如果積水感測器的數值恢復到 1023(乾燥) 就進行迴轉</p>

(三) 測試結果

設定相同迴轉時間，但是角度不一樣。



1. **【發現】** 程式可以順利的運作，判斷積水，車子能通過積水，並且感測器判斷無積水的時候開始迴轉，來回刮除積水。
2. **【發現】** 每次迴轉的時間都不相同，有時能順利迴轉通過積水，有時候不行。

(四) 討論

1. **【解決】** 自製的積水感測器能感測地板上有無積水。
2. **【優點】** 由於使用萬向輪製作搭配銅膠布製作，經過多次測試不會刮傷地板。
3. **【優點】** 由於積水感測器盡量靠近刮刀，可以等到刮刀內沒有積水時，再進行迴轉。
4. **【發現】** 感測器放置到刮刀前，可以同時感測到是否有通過積水跟刮刀內有無積水。
5. **【問題】** 編寫的刮水程式可以順利運作，但是迴轉時間設定成 3.2 秒，但是**每次迴轉的角度都不相同**。

研究三：運用升降刮刀系統解決刮刀轉彎摩擦力的影響

一、製作迴轉測試系統

以紅外線感測模組搭配黑色膠帶來來計算每次旋轉時通過黑色膠帶的時間長度。

(一) 製作方式



(二) 程式設計



- 新增變數"現場判斷黑色線的數值"，藉由現場量測感測器數值來決定。
- 新增變數"感測器狀態"，黑線為0，地板為1。
- 判斷如果從黑線到地板就開始計時。
- 判斷如果從地板到黑線就停止計時。

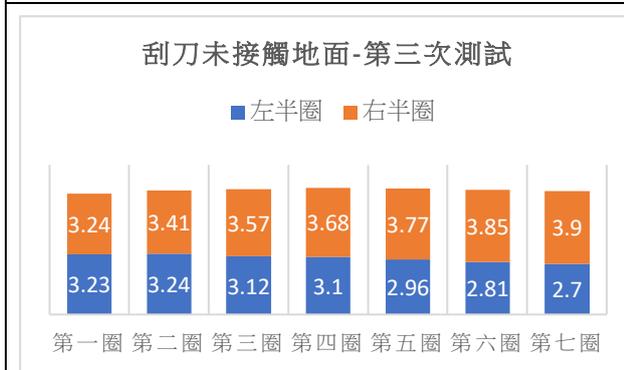
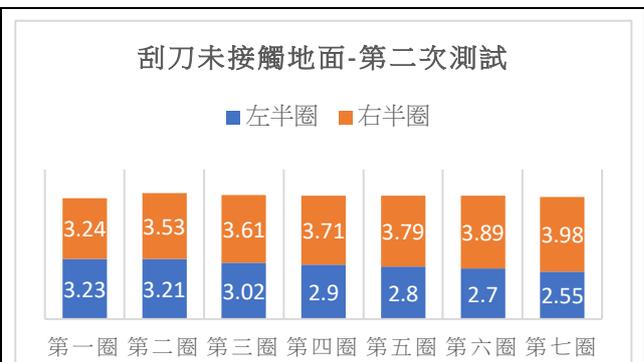
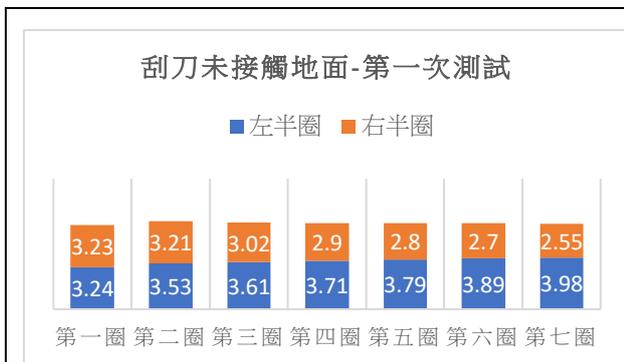


建立函式：結束計時
將時間存入"結果清單"計算方式為
Micro:bit"運行時間"- "開始計時時間"
由於時間是毫秒所以除以1000轉成秒數。



建立函式：開始計時
將Micro:bit"運行時間"寫入"開始計時時間"中

(三) 實驗數據



思考如何編寫程式

(四) 實驗數據分析

透過分析三次測試的結果，我們可以觀察到在第一圈的測試中，數值左右兩邊皆為 3.23S 或 3.24S，代表小車的旋轉中心點位於中央位置。

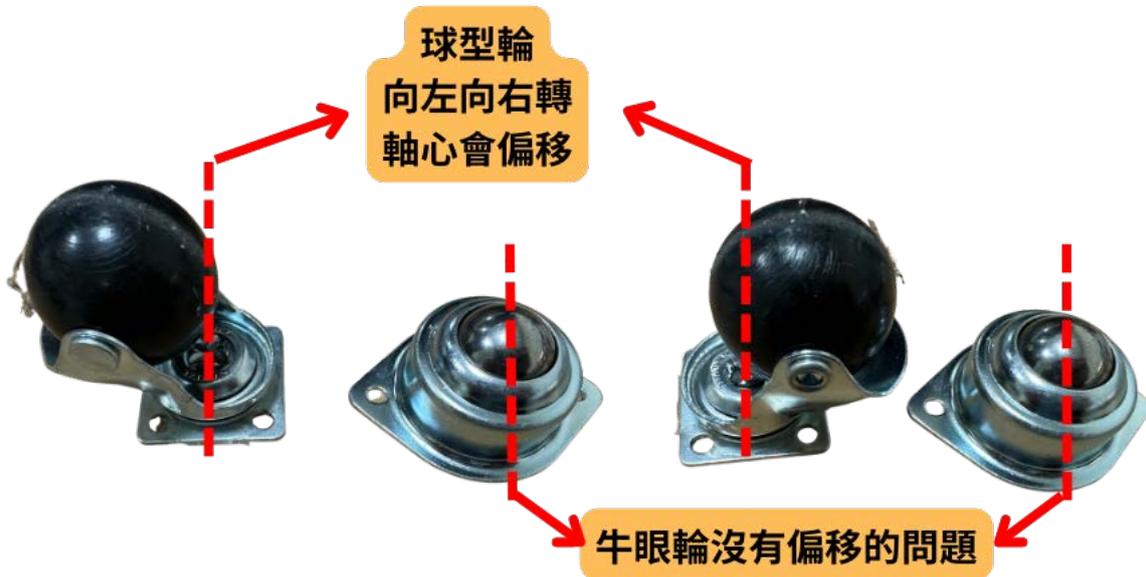
1. 第一次第七圈的數值，左半圈數值為 2.55S，右半圈數值為 3.98S，顯示小車往右邊偏移。
2. 第二次第七圈的數值，左半圈數值為 3.98S，右半圈數值為 2.55S，代表小車往左邊偏移。
3. 在第三次第七圈的數值，左半圈數值為 3.9S，右半圈數值為 2.7S，顯示小車向左邊偏移。

(五) 討論：

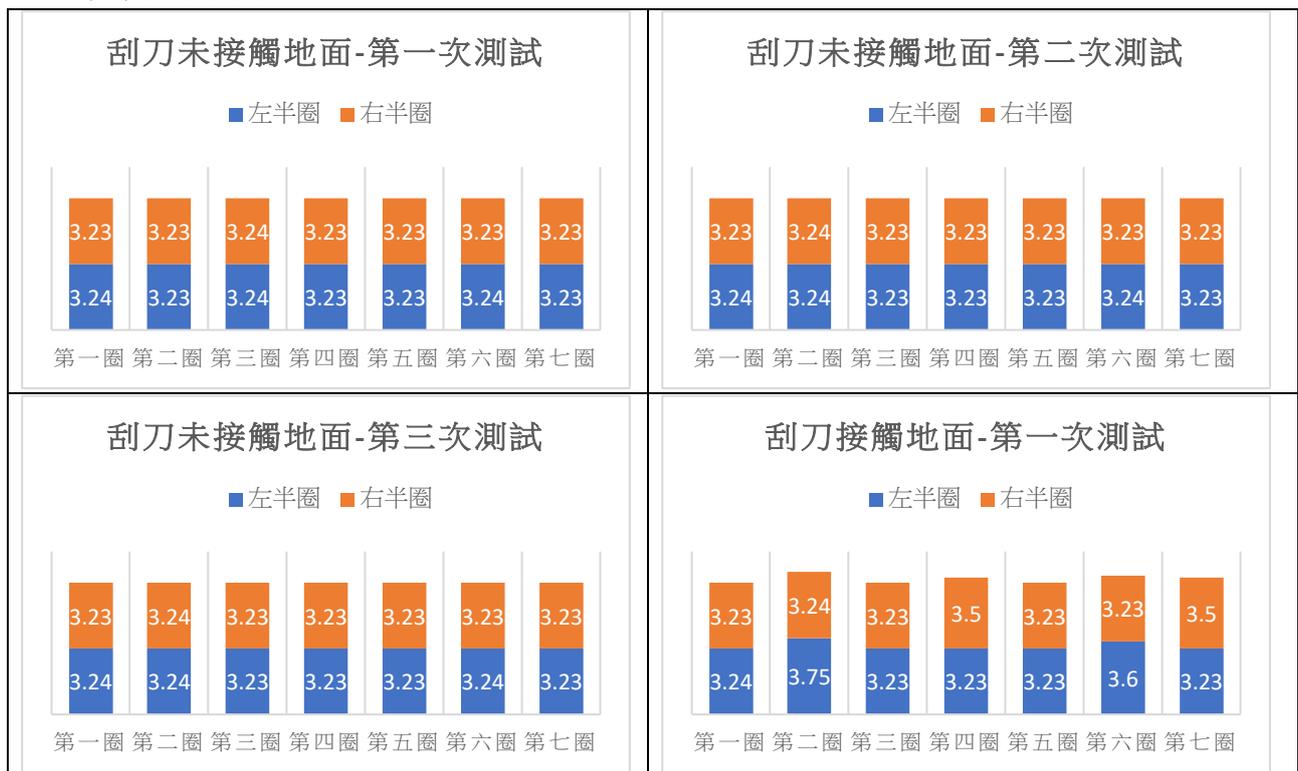
1. **【解決】** 測試模組可以量測出旋轉 180 度的秒數。
2. **【發現】** 車子在旋轉，會向左或向右偏移，而且偏移的方向是不固定的。

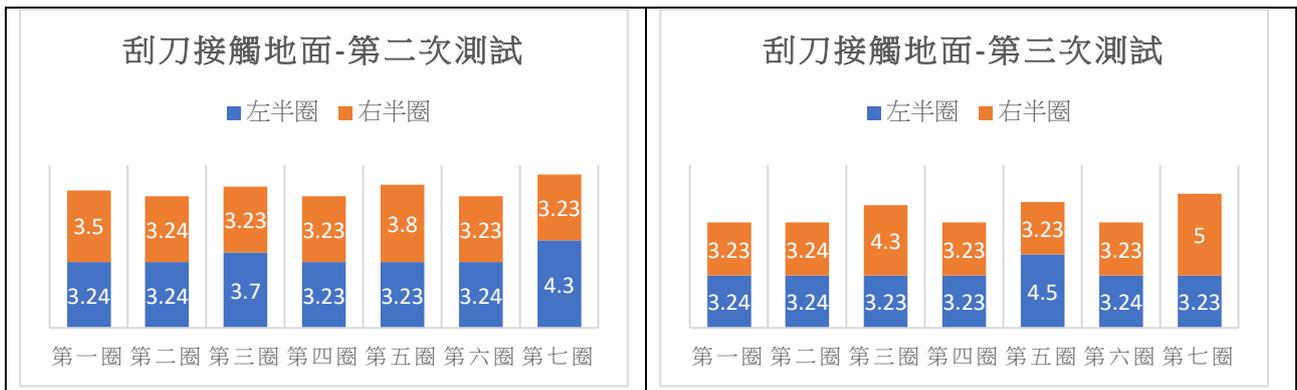
二、解決車子旋轉偏移的問題

我們發現車子前方的球型輪，雖然我們安裝車子前方的中間，但是球型輪在旋轉時的軸心會偏移，所以車子在旋轉的時候，會形成偏差，因此我們到賣推車的輪胎店問老闆，老闆推薦使用牛眼輪，我們購置換成牛眼輪後，重新跑一次旋轉測試。



(一) 實驗數據



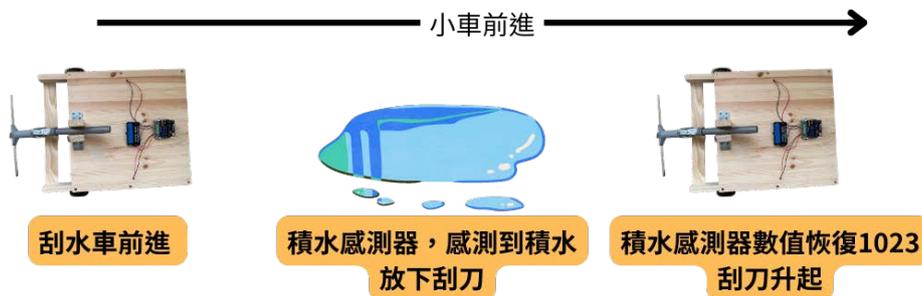


(二) 討論

1. **【解決】** 換成牛眼輪後，車子就不會產生偏移了。
2. **【原因】** 有刮刀會造成旋轉時的不定時偏移，而且偏移的時候可以透過影片觀察到會有彈跳的現象。
3. **【證明】** 經過此實驗的觀察與數據的量測，車輛旋轉時，刮刀接觸地面時，對刮水車每次旋轉的時間造成偏差。

三、製作刮刀升降系統

由於刮刀的摩擦力會影響車輛的旋轉，所以我們想到如果刮刀只需要刮水的時候與地面接觸就好了，因此電腦課時，我們有使用過伺服馬達，來做夾取物品的動作，但是電腦課用到的伺服馬達力量太小了，無法抬起刮刀，所以去電子材料行購買比較大顆的伺服馬達來使用。



(一) 製作方式



(二) 重新編寫程式



馬達板：
新增函式
"抬起刮刀"
"放下刮刀"

馬達板：
新增接收到廣播數字6，就升起刮刀。
收到廣播數字7，就放下刮刀。

積水控制板：
增加碰到積水時要放下刮刀
刮水完畢後要升起刮刀

(三) 實際刮水測試



(四) 討論

1. **【功能驗證】** 增加升降系統後，修改後車子能順利的來回把水刮開。
2. **【功能驗證】** 刮刀在碰到積水時放下，刮刀刮到沒水時，會自動升起。
3. **【解決】** 在轉彎的時候，會強制升起刮刀，解決轉彎時刮刀與地面摩擦的問題。

研究四：確定適合彈簧拉力與刮刀種類提升刮水效率

在之前的研究中，已經成功的讓車子能夠順利地刮到積水。但是，我們假設如果彈簧的拉力更大的話，是不是刮刀刮水的效率會更高？也能夠讓水刮得更加均勻？另外，是不是有適合的刮刀？讓車子能夠刮除更遠的距離或更大的面積。因此，我們研究找到最適合的彈簧拉力與刮刀組合，來提升刮水效率。

一、彈簧拉力的檢測方式

(一) 製作測試工具

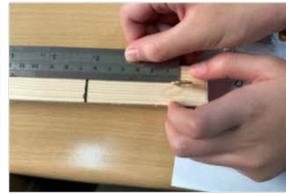
我們使用木板與掛鉤，製作了拉升彈簧測試器。透過量測不同彈簧在相同長度下的拉力，我們使用彈簧吊秤來取得準確的數值。



1.量測間距



2.固定到木板



3.取得距離



4.量測彈簧拉力

(二) 量測彈簧拉力的數值

1. 前往彈簧店購買不同磅數的彈簧。
2. 使用尼龍繩量測刮刀與小車上的間距，並且在拉升彈簧測試器標示出距離。
3. 使用拉升彈簧測試器取得不同彈簧數值

照片					
彈簧編號	A	B	C	D	E
量測數值	0.3 kg	0.5 kg	1 kg	1.5 kg	4.5 kg

二、研究刮刀刮除積水效果之檢測方式

為了比較不同刮刀刮水時的效益差距，我們需要刮水前後的差異，但是在相同地方，倒入一樣的水，來模擬地面上的積水，每次所產生的面積大小也不盡相同，因此我們使用照片來對比刮水前後的差異，並使用繪圖軟體，圈選積水的像素，進行換算，並且透過繪圖軟體的減去功能，來呈現圖案的比較進行分析

(一) 測試方式

1. 在籃球場選擇固定積水點進行測試。
2. 確保地面乾燥，在積水點上倒入 1 公升的水來模擬積水。
3. 架設攝影機與捲尺進行量測。
4. 使小車經過積水，並且記錄積水的刮除長度。
5. 使用繪圖軟體比對照片積水面積的變化。
6. 使用刮刀刮乾積水，等待地面乾燥時，進行下一輪的測試。

(二) 方法驗證的結果

我們使用同一臺相機，畫質設定為 1148x2040 像素，透過繪圖軟體，我們圈選出刮水前後的積水的形狀，軟體會自動幫忙計算面積像素，透過面積，我們可以比較刮刀刮開的面積大小，來知道刮刀的刮水效率。先透過刮開的距離，在觀察刮開面積的圖形來分析刮水是否平均。

三、橡膠刮刀與不同彈簧拉力刮除的效果

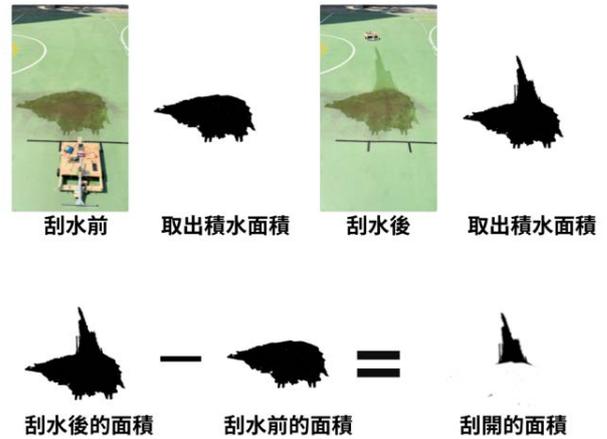
(一) 製作刮刀



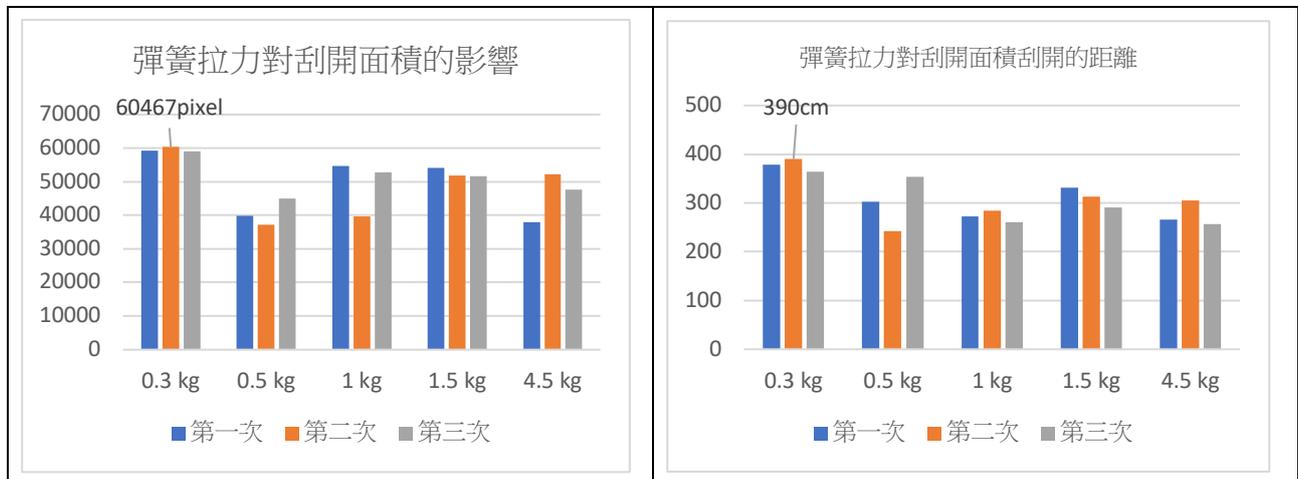
使用水管連接橡膠刮刀



橡膠刮刀安裝側面圖



(二) 實驗數據

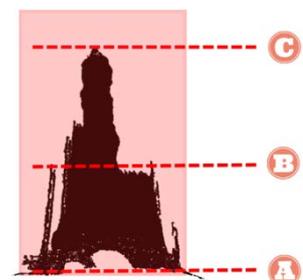


透過刮開的面積，我們可以發現，使用 0.3 kg 的彈簧拉力效果最好，面積最高為 60467 pixel，而距離最長為 390 cm。

橡膠刮刀把水刮開的圖形			
彈簧拉力	第一次	第二次	第三次
0.3 kg	 面積：59177 pixel 刮開距離：378 cm	 面積：60467 pixel 刮開距離：390 cm	 面積：59091 pixel 刮開距離：364 cm
0.5 kg	 面積：39952 pixel 刮開距離：302 cm	 面積：37155 pixel 刮開距離：243 cm	 面積：45063 pixel 刮開距離：354 cm
1 kg	 面積：54645 pixel 刮開距離：273 cm	 面積：39703 pixel 刮開距離：284 cm	 面積：52775 pixel 刮開距離：261 cm
1.5 kg	 面積：54035 pixel 刮開距離：332 cm	 面積：51814 pixel 刮開距離：313 cm	 面積：51672 pixel 刮開距離：291 cm
4.5 kg	 面積：37992 pixel 刮開距離：266 cm	 面積：52307 pixel 刮開距離：305 cm	 面積：47682 pixel 刮開距離：257 cm

(三) 討論

1. 橡膠刮刀配合 0.3 kg 的彈簧拉力刮出來的面積最大，最大面積為 60467 pixel。
2. 橡膠刮刀配合 0.3 kg 的彈簧拉力刮出來的效果最遠，距離為 390 cm。
3. 透過圖形分析，可以看到刮刀通過積水時的變化，我們可以發現，我們先圈出刮刀經過的範圍，可以發現橡膠刮刀在刮除積水時，A 點為起點，而 A 到 B 點是刮除效率最好的一段，比較平均，在通過 B 點到 C 點部分，只有中間的刮刀有在刮除積水。



四、地板刮刀與不同彈簧拉力刮除的效果

(一) 製作刮刀

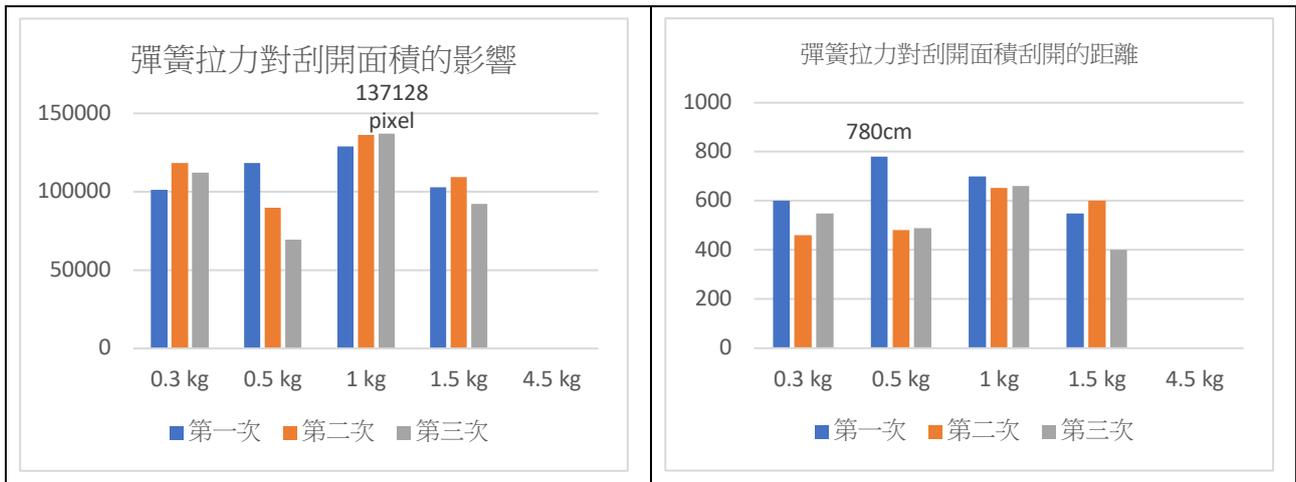


使用木頭連接地板刮刀



地板刮刀安裝側面圖

(二) 實驗數據



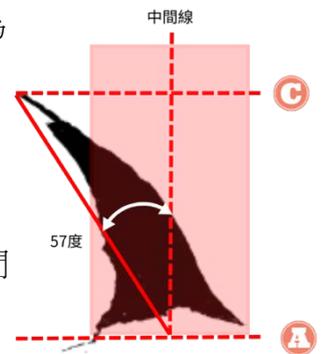
透過刮開的面積，我們可以發現，使用 1 kg 的彈簧拉力效果最好，面積最高為 137128 pixel，而 0.5 kg 的第一次距離為 780 cm，距離最長；4.5 kg 的彈簧車子無法前進。

地板刮刀把水刮開的圖形			
彈簧拉力	第一次	第二次	第三次
0.3 kg	 面積：101125 pixel 刮開距離：600 cm	 面積：118203 pixel 刮開距離：460 cm	 面積：112337 pixel 刮開距離：550 cm
0.5 kg	 面積：118285 pixel 刮開距離：780 cm	 面積：89949 pixel 刮開距離：480 cm	 面積：69281 pixel 刮開距離：490 cm

1 kg	 面積：129054 pixel 刮開距離：700 cm	 面積：136376 pixel 刮開距離：654 cm	 面積：137128 pixel 刮開距離：660 cm
1.5 kg	 面積：102949 pixel 刮開距離：550 cm	 面積：109231 pixel 刮開距離：600 cm	 面積：92210 pixel 刮開距離：400 cm
4.5 kg	無法前進	無法前進	無法前進

(三) 討論

1. 地板刮刀配合 0.5 kg 的彈簧拉力刮出來的面積最大，面積為 137128 pixel。
2. 地板刮刀配合 0.5 kg 的彈簧拉力刮出來的效果最遠，距離為 780 cm。
3. 以最長路徑的彈簧拉力 0.5 kg，第一次距離為例，透過圖形分析可以看到刮刀通過積水時的變化，我們可以發現，我們先圈出刮刀經過的範圍，可以發現橡膠刮刀在刮除積水時，A 點為起點，C 為終點，可以發現車輛會發生向左邊走的情況。
4. 因此橡膠刮刀雖然可以走比較遠，但是刮水不平均，且容易讓車輛向左邊偏移。



五、兩刷刮刀與不同彈簧拉力刮除的效果

(一) 製作過程

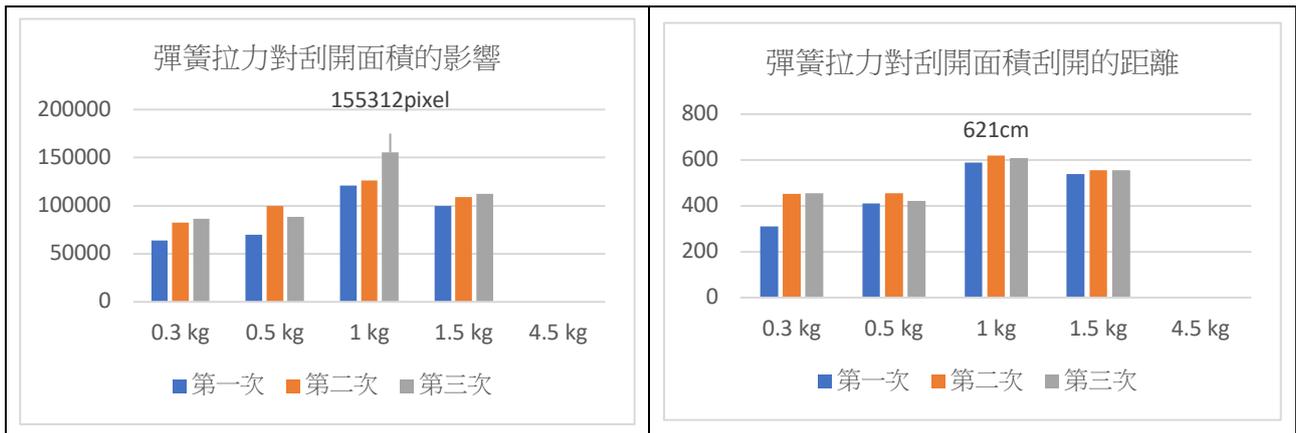


使用木頭連接兩刷



兩刷刮刀安裝側面圖

(二) 實驗數據

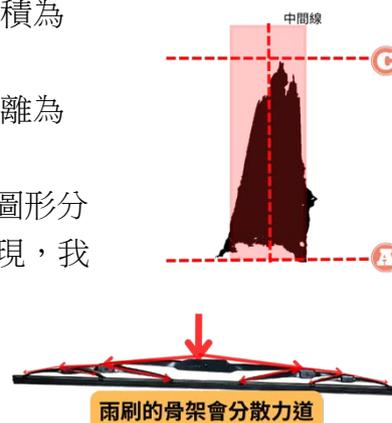


透過彈簧拉力對刮開面積的影響，我們可以發現，使用 1 kg 的彈簧拉力，的效果最好，面積最高為 155312 pixel，距離為 621cm，距離最長，4.5 kg 的彈簧拉力車子無法前進。

地板刮刀刮開的圖形			
彈簧拉力	第一次	第二次	第三次
0.3 kg	 面積：63569 pixel 刮開距離：310 cm	 面積：82628 pixel 刮開距離：452 cm	 面積：86515 pixel 刮開距離：456 cm
0.5 kg	 面積：70106 pixel 刮開距離：410 cm	 面積：99764 pixel 刮開距離：454 cm	 面積：88616 pixel 刮開距離：421 cm
1 kg	 面積：120814 pixel 刮開距離：590 cm	 面積：126245 pixel 刮開距離：621 cm	 面積：155312 pixel 刮開距離：610 cm
1.5 kg	 面積：99574 pixel 刮開距離：540 cm	 面積：108775 pixel 刮開距離：555 cm	 面積：112233 pixel 刮開距離：557 cm
4.5 kg	無法前進	無法前進	無法前進

(三) 討論

1. 兩刷刮刀配合 1 kg 的彈簧刮出來的面積最大，面積為 155312 pixel。
2. 兩刷刮刀配合 1 kg 的彈簧刮出來的效果最遠，距離為 621 cm。
3. 以最長路徑的彈簧 1 kg，第二次距離為例，透過圖形分析可以看到刮刀通過積水時的變化，我們可以發現，我們先圈出刮刀經過的範圍，可以發現橡膠刮刀在刮除積水時，A 點為起點，C 為終點可以發現刮開的距離比較平均。
4. 我們觀察到兩刷的骨架設計，能讓力道分散，因此刮水比較平均。



六、三種刮刀的對比

我們將三種刮刀最好的數據進行對比，來評估那一種刮刀比較適用於刮水車。

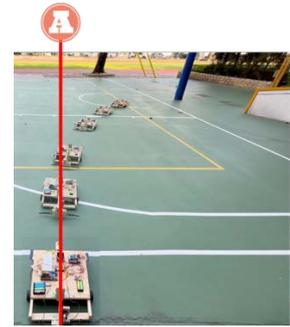
項目	橡膠刮刀	地板刮刀	兩刷刮刀
最好的彈簧拉力	0.3 kg	1 kg	1 kg
刮開最大面積	60467 pixel	137128 pixel	155312 pixel
刮開最遠距離	390 cm	780 cm	621 cm
刮開的圖形			

(一) 討論

1. 彈簧拉最小的是橡膠刮刀 < 地板刮刀 = 兩刷刮刀。
2. 可以把積水刮的最遠的是地板刮刀 > 兩刷刮刀 > 橡膠刮刀。
3. 把積水刮開的最大面積的是兩刷刮刀 > 地板刮刀 > 橡膠刮刀。
4. 橡膠刮刀與地板刮刀的圖形可以看到車輛會往左偏移，兩刷刮刀較少有偏移的情況。
5. 最後我們選擇使用刮開面積最大，偏移距離最少的兩刷刮刀搭配 1 kg 的彈簧拉力。

研究五：運用電子羅盤指引刮水車筆直前進

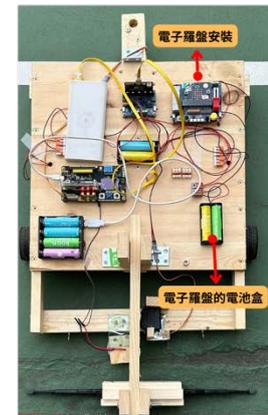
在研究完刮刀後，我們希望小車可以直直的走過籃球場，以來回的方式刮除積水，我們嘗試讓刮水車往前走過籃球場，卻發現了車子會越走越偏的情況，透過錄影的方式，錄下小車前進的影片，透過繪圖軟體的方式合成出右邊的圖片，A 線為中間線，可以看到車子一開始前進的時候偏移一點點，但是到後面的時候會越偏越多。這時候我們想到可以利用電腦課學到的電子羅盤的原理，來設定小車讀取目前的方位角度，再依據小車讀取到的角度進行方向的修正。



小車長直線走操場

一、校準電子羅盤與安裝

我們將 micro:bit 安裝到車子上，並且編寫程式，讀取地磁的方位角度。



安裝電子羅盤

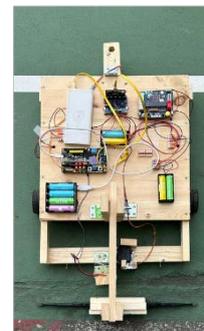
程式圖片	說明
	電子羅盤打開時需要校準，方式如下：
	按下 A 鍵時，會出現目前讀取到的方位角度，以此來定位小車目前前進的方向。

二、現場定位與程式設定

在讀取到方位角度後，我們需要實際的量測籃球場的上的方位，用來指引小車前進時的方位角度，因此我們將車子與籃球場的標線來對齊後來量測前進的角度，量測七次後取平均值。

小車面朝	往上	往下	往左	往右
方位角度	100 度	280 度	10 度	190 度

知道刮水車前進的方位後，我們改寫程式，透過廣播的方式，將電子羅盤的資訊傳送給馬達板，再由馬達板來決定，如何修正小車前進的方向。



對齊邊線量測

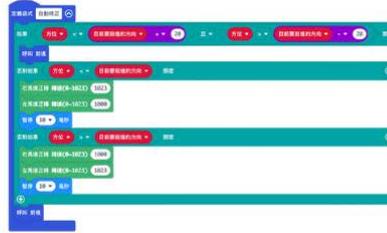
(一) 電子羅盤的程式說明



(二) 馬達板的程式說明：

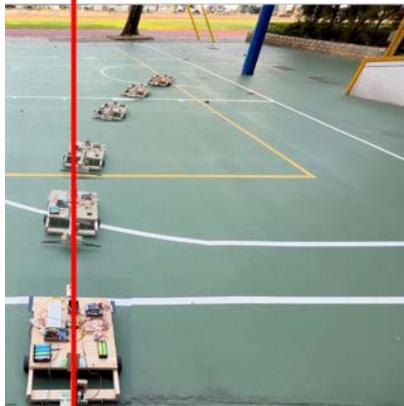


按下A鍵後
車子會根據目前需要設定的方向前進。
小範圍偏差，進入車輛自動修正，偏差太大的話會執行旋轉重新修正車子。



新增函式"自動修正"
主要用來修正車子如果小範圍偏移的話，要如何處理。

(三) 測試結果



修正前



安裝電子羅盤後

(四) 討論

1. 電子羅盤發送方位角度給馬達板，馬達板會根據方位角度來修正車子的方向。
2. 對比前後的差異，可以發現車子的偏移得到了大幅減少。

研究六：運用智能刮水車在籃球場執行刮水任務

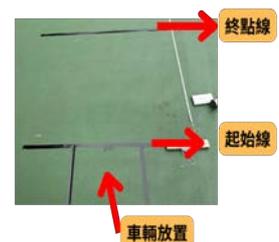
我們可以讓刮水車直直的前進了，所以我們想讓刮水車完成整個籃球場的刮水作業，未來需要刮水時，老師只要將小車放到定位，啟動自動刮水按鈕，刮水車就會來回行駛，遇到積水時放下刮刀來刮水，沒有積水時刮刀上升。為了達到這個目標，我們需要知道籃球場的長寬，與車子前進的速率就可以知道小車目前的距離，透過這個方式來控制車輛轉彎的時間。

一、車子前進速度的量測

現在能讓小車正確地向前走了，因此我們只要知道籃球場的長寬與車子前進的速率就可以知道小車前進的距離；因此我們只要能計算車量前進的速率，就可以知道刮水車回頭的時間。在之前研究中，車子前進時會有碰到積水刮刀向下；沒有積水時，刮刀抬升，因此我們需要量測有放下刮刀與沒有放下刮刀的前進的速度。

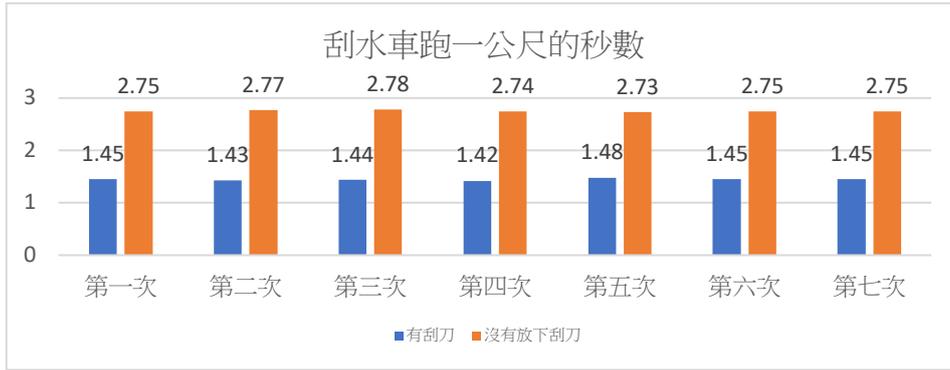
(一) 量測方式

1. 在地面上使用黑色膠帶貼出起始線和終點線距離一公尺，同時標示出車子放置的位置和角度測量點。
2. 將小車放置在起始位置，並從起始線開始計時，當小車通過終點線時停止計時。



實驗場地設置圖

(二) 實驗數據

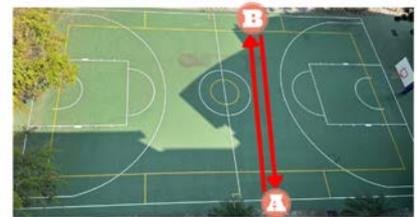


(三) 討論

1. 透過實驗我們可以發現沒有放下刮刀的一公尺的秒數是 2.7 秒換算速率為 0.37 公尺/秒。
2. 有放下刮刀的一公尺的秒數是 1.4 秒換算速率為 0.7 公尺/秒。

二、刮水車的折返跑

我們實際量測籃球場的距離，長為 25 公尺，寬為 15 公尺，在取得刮水車的速率後，編寫讓程式讓刮水車，來回跑一趟。



刮水車折返跑預設路徑

(一) 編寫程式

按下 A 鍵執行小車折返跑
如果目前距離小於籃球場的距離，則小車繼續往上走，直到超過籃球場的距離。會改成往下走，同時時間還是繼續計算距離，一直到超過籃球場的距離，才停車關閉工作模式

(二) 實際運作



折返跑-去



折返跑-回

(三) 討論

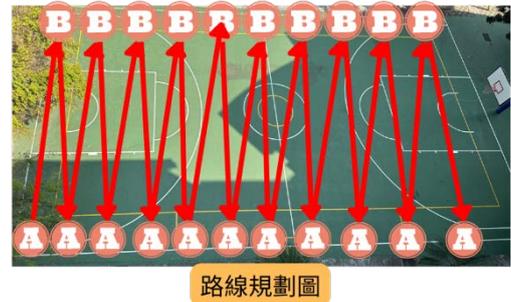
1. 車子能順利的的從 A 點出發通過 B 點後，車子迴轉掉頭再回到 A 點。
2. 偏移的距離不超過一個車身。

三、車子完整跑完整個操場

我們發現我們的車子在折返跑的時候會有些許的誤差，因此我們能不能利用這個特性，重複折返跑的動作讓車子跑完整個籃球場？

(一) 編寫程式

程式圖片	說明
	我們重複執行折返跑的程式 35 次，測試是否能跑完整個籃球場。



(二) 實際運作

我們在學校頂樓架設錄影機記錄智能刮水車的路徑圖並且拍照比較前後的差別



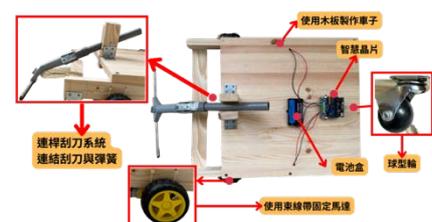
(三) 討論

1. 可以看到標示 A 點的地方積水消失了，而標示 B 點的地方積水有被刮開的痕跡。
2. 智能刮水車可以利用這個方式完成，完成整個籃球場的清掃。
3. 整體的運作時間約為 46 分鐘，具體運作時間要看積水時刮刀放下的時間而定，如果積水比較多，那刮刀放下的時間越長，時間會越久。
4. 如果可以結合研究二的強化刮水模式 P11，能集中火力刮乾再繼續巡邏就更好了。

伍、結論

一、研究自製積水感測器與強化刮除積水功能 P5~8

一開始使用水管來當車體，車體 1.2 kg 重量太輕，配合配合彈簧使用時，車體會因為彈簧往下推動刮刀的力量而使車體抬升造成馬達的空轉，且通過積水時，會因為路面高低造成馬達空轉，因此我們使用木板來增加重量，打造完成後車體的重量為 3.2 kg，並且設計連桿刮刀系統，配合拉伸彈簧，讓刮刀增加刮水效率與保有彈性。



二代刮水車

我們安裝了 micro:bit 與馬達板，寫入程式，透過 micro:bit，特有的廣播系統指揮刮水車的前進、後退、左轉、右轉與停車。

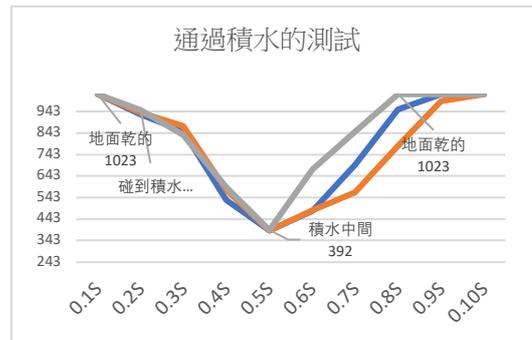
二、研究自製積水感測器，加強刮除積水 P9~13

我們使用萬向輪與銅膠帶，作為自製感測器的感測頭並且透過實驗定義出感測器的邏輯值代表的意義，地面乾燥時數值為 1023，隨著積水淹過感測器時數值為 243。



以此為基礎，我們將感測器安裝在車輛後方，使用車輛通過積水，可以看到積水明顯的變化圖。

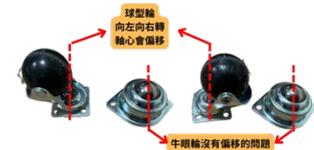
透過自製積水感測器，我們可以知道刮水車何時有通過積水，並且將感測器靠近刮刀，可以感測到刮刀內部沒有時在控制刮水車迴轉。但是我們發現每次迴轉的時間都不一樣，這是一個需要優先解決的問題。



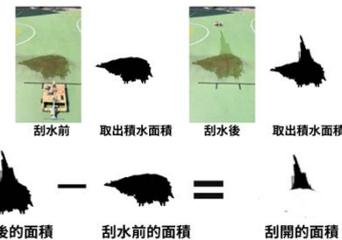
三、運用升降刮刀系統解決刮刀轉彎摩擦力的影響 P13~17

我們自己設計了，迴轉測試系統，透過黑色膠帶與紅外線避障感測器，順利取得小車的選轉時的數據發現幾個問題：

- (一) 使用球型輪，會因為軸心不在中間，而導致刮水車旋轉速度不同，解決方式是換成牛眼輪。
- (二) 比較有無刮刀數據，發現有刮刀時的數據比較容易波動，因此證明刮刀對於刮水車在旋轉時候的影響。



為了解決這個問題，我們設計了刮刀升降系統，透過伺服馬達與一字搖臂，連接馬達板，達到刮刀升降的功能，且修改程式，在小車左轉、右轉、後退與停車時，都會將刮刀升起。



四、確定適合彈簧拉力與刮刀種類提升刮水效率 P17~24

我們透過自製的彈簧拉力工具，測試五種彈簧的拉力，並使用繪圖軟體，圈選出刮水前，與刮水後的形況，透過相減兩個圖形，計算出刮開的面積。進行比較與分析。

項目	橡膠刮刀	地板刮刀	兩刷刮刀
最好的彈簧拉力	0.3 kg	1 kg	1 kg
刮開最大面積	60467 pixel	137128 pixel	155312 pixel
刮開最遠距離	390 cm	780 cm	621 cm
刮開的圖形			

透過上述的綜合考量，我們選擇使用刮開面積最大，偏移距離最少的兩刷刮刀搭配 1 kg 的彈簧拉力，且三節式兩刷的分力設計能讓積水刮更加的均勻。



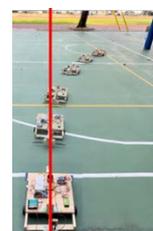
兩刷的骨架會分散力道

五、運用電子羅盤指引刮水車筆直前進 P24~26

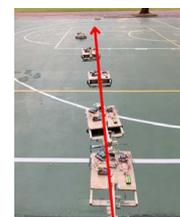
我們想讓刮水順利的直走通過籃球場，但是卻發現刮水車會因為越走越偏移，最後離開籃球場，因此我們想到電腦課有教過電子羅盤，利用其方位角度來進行定位，製作完成安裝在刮水車上後，實際到籃球場讀取方位角度。

小車面朝	往上	往下	往左	往右
方位角度	100 度	280 度	10 度	190 度

利用電子羅盤讀取到的方位角度，我們透過程式的方式不停地修正小車前進的方向，讓車子可以穿過籃球場。



修正前



安裝電子羅盤後

六、運用智能刮水車在籃球場執行刮水任務 P26~28

我們可以讓車子能順利穿過籃球場，因此我們量測籃球場度寬度為 15 公尺，透過實驗量測出車子前進的速率為有刮刀為 0.7 公尺/秒，沒刮刀速率為 0.37 公尺/秒。



折返跑-去



折返跑-回

因此我們編寫程式，測試刮水車是否可以完成折返跑，結果刮水車可以順利地來回一次，因此我們將操場弄濕，等待積水的產生，改程式，讓小車一鼓作氣完成 35 次的折返跑，能順利的將籃球場的積水都刮過一輪。



綜合上述，智能刮水車解決籃球場下雨後，需要人力與時間去清除積水的問題。研究二中強化刮水模式，可人為操作指定地點刮除積水，研究六加入電子羅盤搭配速率計算，自動針對整個籃球場進行刮水任務，透過這兩個模式，讓使用者依照不同需求搭配運用，在下雨過後，讓智能刮水車出動執行刮水任務，老師和同學再也不必因為下雨天需要刮水而煩惱者，真的是太好了。

七、未來能改進事項

- (一) 增加車子前進的速度來提升刮水效率
- (二) 編寫更好的路徑計算功能，來提升刮水速率。
- (三) 整合研究二的強化刮水功能。

陸、參考資料

一、micro:bit：<https://microbit.org/zh-tw/>

二、micro:bit 開發板：

(一)、<https://www.kaise.com.tw/index.php?route=common/home>

(二)、<https://www.circuspi.com/index.php/2020/09/23/ez-start-kit-microbit/>

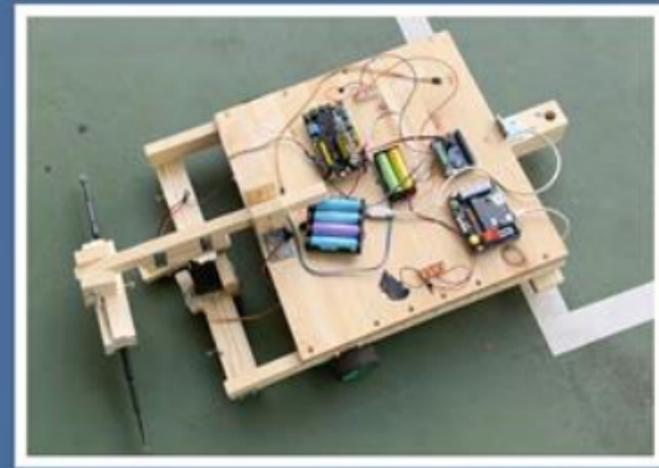
【評語】 082819

1. 本作品係觀摩學校場地所需，利用科學和實驗完成一自動迴轉之刮水車，具有實用性。
2. 建議再增加邊界偵測功能之設計，才能修正原本利用計時控制所產生的誤差。

作品海報

頂刮刮 ~

智能刮水車之探究



壹、研究動機

在下雨過後，會產生許多的積水，踩到積水容易滑倒受傷，也會弄髒衣服，鞋子襪子，也會濕濕黏黏的一整天，而且積水十分不容易乾，容易滋生孳子。同學在籃球場操場跑步，常常因積水而滑倒受傷。為了避免這樣的情況，老師和同學會在下雨天後使用刮刀，將水刮開，來加速乾燥，雖然這樣可以快點使用籃球場，但是過程費時又費工，鞋子襪子也容易濕掉，並且要特別注意不要滑倒，因此，我們希望能製作一款自動刮水的設備，在下雨天過後，自動刮除積水維護環境衛生，省時省力，且安全，讓老師跟同學不用辛苦的清除積水。

貳、研究目的

- 研究一：製作結合馬達與刮刀的刮水車。
- 研究二：研究自製積水感測器與強化刮除積水功能。
- 研究三：運用升降刮刀系統解決刮刀轉彎摩擦力的影響。
- 研究四：確定適合彈簧拉力與刮刀種類提升刮水效率。
- 研究五：運用電子羅盤指引刮水車筆直前進。
- 研究六：運用智能刮水車在籃球場執行刮水任務。

參、研究設備及器材

各類水管	水管剪	刮刀	地板刮刀	雨刷
木螺絲	束線帶	各類木板	木工鋸子	各類角鐵
micro:bit	micro:bit 開發板	電線工具	萬向輪	牛眼輪
移動電源供應器	電焊槍	三用電錶	電動起子	土壤濕度感測模組
杜邦線	TT馬達	TT輪胎	18650電池	球型輪

肆、研究方法

研究一：製作結合馬達與刮刀的刮水車

一代刮水車

使用T型水管連接刮刀
水管刮水車
球型輪固定在前方
使用束線帶、熱熔膠固定馬達
使用夾線器連接電池盒與馬達
刮刀可以刮到積水

0.15 連續圖

【證明】車子能夠帶動刮刀前進，且能刮到積水，所以初步使用車子帶動刮刀來刮水是可行的方向。
【分析】積水沒有被刮刀帶開，可能是向下的力道不夠，或者速度不夠快而不能把積水帶開。

二代車體—增加車體重量、連桿刮刀系統

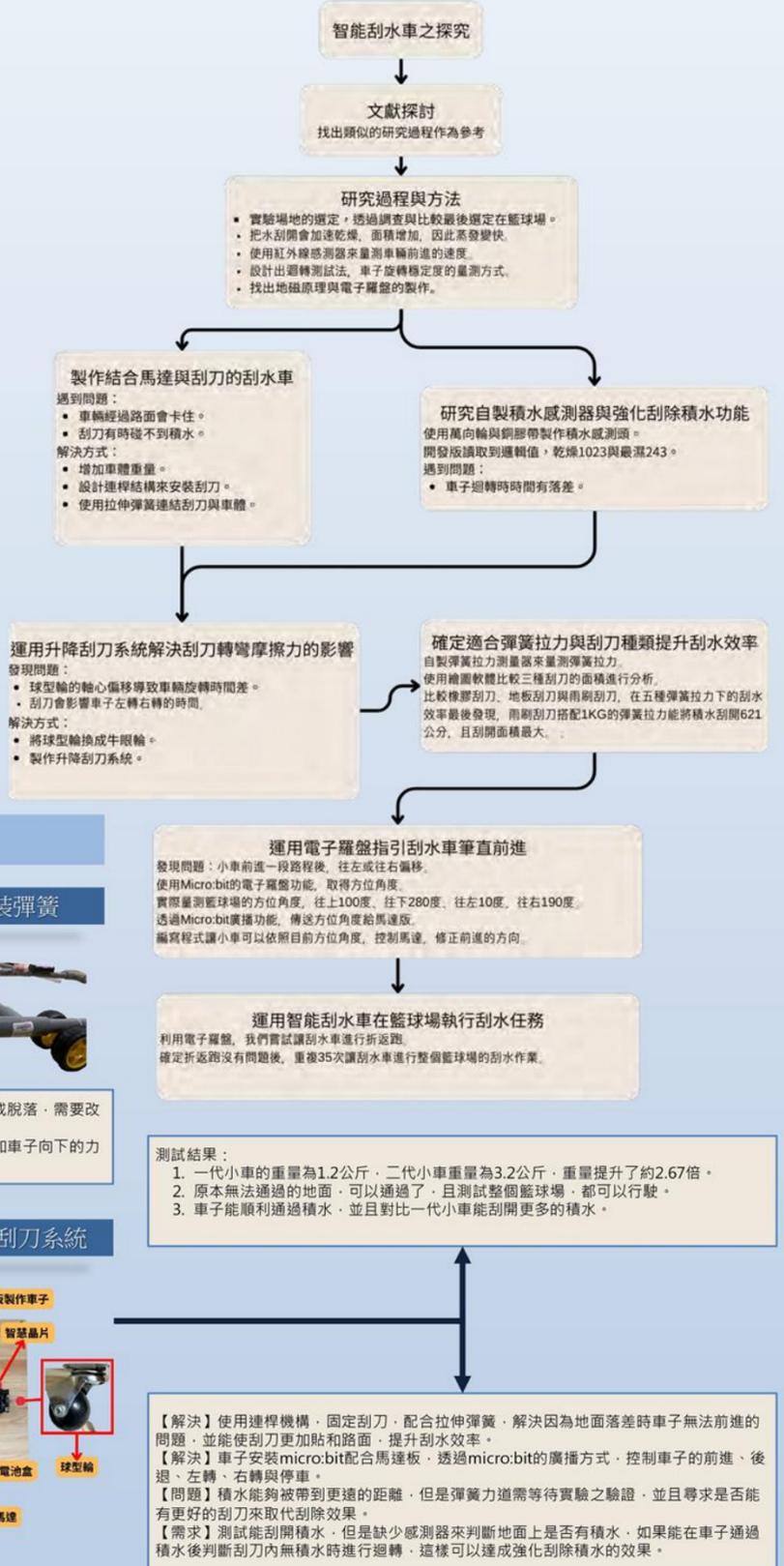
使用螺帽控制彈力
彈簧
【發現】目前的彈簧設計方案不佳，車子運行時會造成脫落，需要改良結構。
【分析】使用水管製作車體太輕，因此使用彈簧來增加車子向下的力量時，車子會被撐起來，因此需要增加車子的重量。

【發現】車子前進時，有時候會卡住，經由影片觀察發現，刮刀和馬達遇到地面有落差的路段，就會造成馬達的空轉，使車子無法前進。

二代車體—增加車體重量、連桿刮刀系統

使用木板製作車子
智慧晶片
電池盒
球型輪
連桿刮刀系統
連結刮刀與彈簧
使用束線帶固定馬達

肆、研究過程



研究二：研究自製積水感測器與強化刮除積水功能

製作方式

萬向輪與銅膠帶
將鋼珠取下，貼上銅膠帶
將電線焊接到銅膠帶上
連接模組取出數據
連接土壤濕度感測版
連接杜邦線與熱縮套管

感測器的數值定義

乾燥時數值1023
倒入水的增加數值會逐步下降到243

通過積水的量測

積水區
車輪放置

通過積水的測試

【證明】積水感測器可以順利的感測地面上的積水，並且對積水的數值有所變化。
【結論】經由測試數據可以發現，乾的地面邏輯數值為1023，最低可以達到392。
【發現】感測器放置到刮刀前面，可以判斷通過積水時，刮刀前方是否還有積水。
【發現】經過多次測試，地面上並沒有刮痕，可以安心的使用。

研究車子加強刮除積水

刮水車前進方向
A
刮水車前進
刮水車通過積水
等待感測器數值恢復1023
刮水車旋轉180度
重複A跟B
B
等待感測器數值恢復1023
刮水車旋轉180度
刮水車通過積水
刮水車前進

同迴轉時間，但是每次角度不一樣

【發現】透過程式判斷積水，車子能通過積水，並且感測器判斷無積水的時候開始迴轉，來回刮除積水。
【發現】每次迴轉的時間都不相同，有時能順利迴轉通過積水，有時候不行。
【解決】自製的積水感測器能感測地板上有無積水。
【優點】由於使用萬向輪製作搭配銅膠帶製作，經過多次測試不會刮傷地板。
【優點】由於積水感測器盡量靠近刮刀，可以等到刮刀內沒有積水時，再進行迴轉。
【發現】感測器放置到刮刀前放，可以同時感測到是否有通過積水跟刮刀內有無積水。
【問題】編寫的刮水程式可以順利運作，但是迴轉時間設定成3.2秒，但是每次迴轉的角度都不相同。

研究三：運用升降刮刀系統解決刮刀轉彎摩擦力的影響

迴轉測試系統，測試車輛偏移問題

感測器的安裝

實際場地

實際運作

刮刀未接觸地面-第一次測試

第一圈	第二圈	第三圈	第四圈	第五圈	第六圈	第七圈
3.23	3.21	3.02	3.19	2.8	2.7	3.55
3.24	3.53	3.61	3.71	3.79	3.85	3.98

刮刀未接觸地面-第二次測試

第一圈	第二圈	第三圈	第四圈	第五圈	第六圈	第七圈
3.24	3.53	3.61	3.71	3.79	3.85	3.98
3.23	3.21	3.02	2.9	2.8	2.7	2.55

刮刀未接觸地面-第三次測試

第一圈	第二圈	第三圈	第四圈	第五圈	第六圈	第七圈
3.24	3.41	3.57	3.68	3.77	3.85	3.9
3.23	3.24	3.12	3.1	2.96	2.81	2.7

實驗數據分析：

- 透過分析三次測試的結果，我們可以觀察到在第一圈的測試中，數值左右兩邊皆為3.23S或3.24S，代表小車的旋轉中心點位於中央位置。
- 第一次第七圈的數值，左半圈數值為2.55S，右半圈數值為3.98S，顯示小車往右邊偏移。
- 第二次第七圈的數值，左半圈數值為3.98S，右半圈數值為2.55S，代表小車往左邊偏移。
- 在第三次第七圈的數值，左半圈數值為3.9S，右半圈數值為2.7S，顯示小車向左邊偏移。

【解決】 測試模組可以量測出旋轉180度的秒數

【發現】 車子在旋轉，會向左或向右偏移，而且偏移的方向是不固定的。

解決車子旋轉偏移的問題

我們發現車子前方的球型輪，雖然我們安裝車子前方的中間，但是球型輪在旋轉的時候的軸心會偏移，所以會照成車子在旋轉的時候，造成偏差，因此我們到賣推車的輪胎店問老闆，老闆推薦使用牛眼輪，我們購置換成牛眼輪後，重新跑一次旋轉測試。



刮刀接觸地面-第一次測試

第一圈	第二圈	第三圈	第四圈	第五圈	第六圈	第七圈
3.23	3.24	3.23	3.5	3.23	3.23	3.5
3.24	3.75	3.23	3.23	3.6	3.23	3.23

刮刀未接觸地面-第三次測試

第一圈	第二圈	第三圈	第四圈	第五圈	第六圈	第七圈
3.23	3.24	3.23	3.23	3.23	3.23	3.23
3.24	3.24	3.23	3.23	3.24	3.23	3.23

刮刀接觸地面-第二次測試

第一圈	第二圈	第三圈	第四圈	第五圈	第六圈	第七圈
3.5	3.24	3.23	3.23	3.8	3.23	3.23
3.24	3.24	3.7	3.23	3.23	3.24	4.3

刮刀接觸地面-第三次測試

第一圈	第二圈	第三圈	第四圈	第五圈	第六圈	第七圈
3.23	3.24	4.3	3.23	3.23	3.23	5
3.24	3.24	3.23	3.23	4.5	3.24	3.23

刮刀未接觸地面-第二次測試

第一圈	第二圈	第三圈	第四圈	第五圈	第六圈	第七圈
3.23	3.24	3.23	3.23	3.23	3.23	3.5
3.24	3.24	3.23	3.23	3.24	3.23	3.23

刮刀接觸地面-第一次測試

第一圈	第二圈	第三圈	第四圈	第五圈	第六圈	第七圈
3.23	3.24	3.23	3.5	3.23	3.23	3.5
3.24	3.75	3.23	3.23	3.6	3.23	3.23

實驗結論：

- 【解決】換成牛眼輪後，車子就不會產生偏移了。
- 【原因】有刮刀會造成旋轉時候的不定時偏移，而且偏移的時候可以透過影片觀察到會有彈跳的現象。
- 【證明】經過此實驗的觀察與數據的量測，車輛旋轉時，刮刀接觸地面時，對刮水車每次旋轉的時間造成偏差。

製作刮刀升降系統

由於刮刀的摩擦力會影響車輛的旋轉，所以我們想到如果刮刀如果只在需要刮水的時候與地面接觸就好了，因此電腦課時，我們有使用過伺服馬達，來做夾取物品的動作，但是電腦課用到的伺服馬達力量太小了，無法抬起刮刀，所以去電子材料行購買比較大顆的伺服馬達來使用。

刮水車前進

積水感測器，感測到積水放下刮刀

積水感測器數值恢復1023 刮刀升起

馬達控制： 設定馬達速度為60，旋轉角度為90度，旋轉時間為1000ms。

馬達控制： 設定馬達速度為60，旋轉角度為90度，旋轉時間為1000ms。

安裝刮刀與一字搖臂

刮刀升降的角度

下雨天實際測試

遇到積水刮刀下降

積水感測器沒有判斷到積水 刮刀上升

結論：

- 【功能驗證】增加升降系統後，修改後車子能順利的來回把水刮開。
- 【功能驗證】刮刀在碰到積水時放下，刮刀刮到沒水時，會自動升起。
- 【解決】在轉彎的時候，會強制升起刮刀，解決轉彎時刮刀與地面摩擦的問題。

研究四：確定適合彈簧拉力與刮刀種類提升刮水效率

彈簧拉力的檢測方式

在之前的研究中，已經成功的讓車子能夠順利地刮到積水。但是，我們假設如果彈簧的拉力更大的話，是不是刮刀刮水的效率會更高？也能夠讓水刮得更均勻？另外，是不是有適合的刮刀？讓車子能夠刮除更遠的距離或更大的面積。因此，我們研究找到最適合的彈簧拉力與刮刀組合，來提升刮水效率。



量測彈簧拉力的數值

照片	A	B	C	D	E
彈簧編號	A	B	C	D	E
量測數值	0.3 kg	0.5 kg	1 kg	1.5 kg	4.5 kg

研究刮刀刮除積水效果之檢測方式

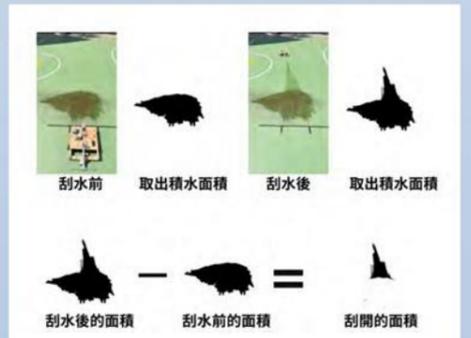
為了比較不同刮刀刮水時的效益差距，我們需要刮水前後的差異，但是在相同地方，倒入一樣的水，來模擬地面上的積水，每次所產生的面積大小也不盡相同，因此我們使用照片來對比刮水前後的差異，並使用繪圖軟體，圈選積水的像素，進行換算，並且透過繪圖軟體的減去功能，來呈現圖案的比較進行分析

測試方式：

- 在操場的選擇固定積水水點進行測試。
- 確保地面乾燥，在積水點上倒入1公升的水來模擬積水。
- 架設攝影機與捲尺進行量測。
- 使小車經過積水，並且記錄積水的刮除長度，使用繪圖軟體比對照片積水面積的變化。
- 使用刮刀刮乾積水等待地面乾燥進行下一輪的測試。

方法驗證的結果：

我們使用同一台相機，畫質設定為1148 x 2040像素，透過繪圖軟體，我們圈選出刮水前後的積水的形狀，軟體會自動幫忙計算面積像素，透過面積，我們可以比較刮刀刮開的面積大小，來知道刮刀的刮水效率。先透過刮開的距離，在觀察刮開面積的圖形來分析刮水是否平均。



橡膠刮刀與不同彈簧拉力刮除的效果

使用水管連接橡膠刮刀

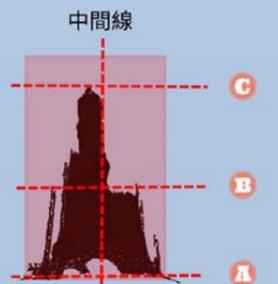
橡膠刮刀安裝側面圖

彈簧拉力對刮開面積的影響

彈簧拉力對刮開距離的影響

彈簧拉力	第一次	第二次	第三次
0.3 kg	面積：58177 pixel 刮開距離：378 cm	面積：60467 pixel 刮開距離：390 cm	面積：59091 pixel 刮開距離：364 cm
0.5 kg	面積：39952 pixel 刮開距離：302 cm	面積：37135 pixel 刮開距離：243 cm	面積：45963 pixel 刮開距離：354 cm
1 kg	面積：54645 pixel 刮開距離：273 cm	面積：39713 pixel 刮開距離：261 cm	面積：52778 pixel 刮開距離：261 cm
1.5 kg	面積：54025 pixel 刮開距離：332 cm	面積：51814 pixel 刮開距離：313 cm	面積：51072 pixel 刮開距離：261 cm
4.5 kg	面積：37992 pixel 刮開距離：266 cm	面積：52307 pixel 刮開距離：305 cm	面積：47862 pixel 刮開距離：257 cm

- 橡膠刮刀配合0.3 kg的彈簧拉力刮出來的面積最大，最大面積為60467pixel。
- 橡膠刮刀配合0.3 kg的彈簧拉力刮出來的效果最遠，距離為390cm。
- 透過圖形分析，可以看到刮刀通過積水時的變化，我們可以發現，我們先圈出刮刀經過的範圍，可以發現橡膠刮刀在刮除積水時，A點為起點，而A到B點是刮除效率最好的一段，比較平均，在通過B點到C點部分，只有中間的刮刀有在刮除積水。



地板刮刀與不同彈簧拉力刮除的效果

使用木頭連接地板刮刀

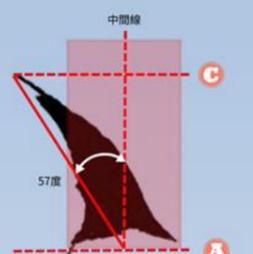
地板刮刀安裝側面圖

彈簧拉力對刮開面積的影響

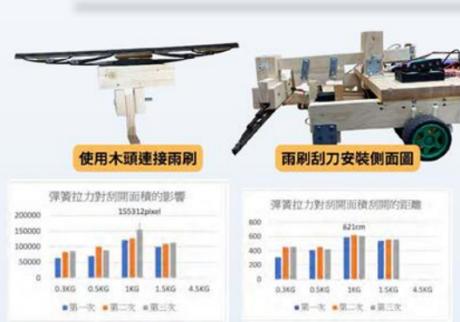
彈簧拉力對刮開距離的影響

彈簧拉力	第一次	第二次	第三次
0.3 kg	面積：10122 pixel 刮開距離：480 cm	面積：11820 pixel 刮開距離：460 cm	面積：11237 pixel 刮開距離：550 cm
0.5 kg	面積：8947 pixel 刮開距離：460 cm	面積：8947 pixel 刮開距離：460 cm	面積：9231 pixel 刮開距離：460 cm
1 kg	面積：12654 pixel 刮開距離：590 cm	面積：16378 pixel 刮開距離：554 cm	面積：17128 pixel 刮開距離：460 cm
1.5 kg	面積：10294 pixel 刮開距離：590 cm	面積：18921 pixel 刮開距離：554 cm	面積：12210 pixel 刮開距離：460 cm
4.5 kg	無刮除效果	無刮除效果	無刮除效果

- 地板刮刀配合0.5 kg的彈簧拉力刮出來的面積最大，面積為137128 pixel。
- 地板刮刀配合0.5 kg的彈簧拉力刮出來的效果最遠，距離為780cm。
- 以最長路徑的彈簧拉力0.5 kg，第一次距離為例，透過圖形分析可以看到刮刀通過積水時的變化，我們可以發現，我們先圈出刮刀經過的範圍，可以發現橡膠刮刀在刮除積水時，A點為起點，C為終點，可以發現車輛會發生向左邊走的情況，因此地板刮刀雖然可以走比較遠，但是刮水不平均，且容易讓車輛向左邊偏移。

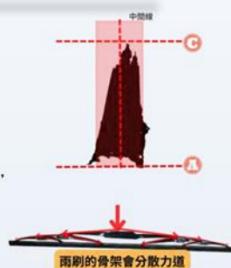


兩刷刮刀與不同彈簧拉力刮除的效果



彈簧拉力	第一次	第二次	第三次
0.3 kg	面積: 6359 pixel 刮除距離: 310 cm	面積: 82628 pixel 刮除距離: 452 cm	面積: 65515 pixel 刮除距離: 456 cm
0.5 kg	面積: 70106 pixel 刮除距離: 410 cm	面積: 97764 pixel 刮除距離: 454 cm	面積: 89016 pixel 刮除距離: 431 cm
1 kg	面積: 120814 pixel 刮除距離: 569 cm	面積: 126245 pixel 刮除距離: 621 cm	面積: 155312 pixel 刮除距離: 621 cm
1.5 kg	面積: 99574 pixel 刮除距離: 540 cm	面積: 106775 pixel 刮除距離: 555 cm	面積: 112233 pixel 刮除距離: 557 cm
4.5 kg	無法前進	無法前進	無法前進

1. 兩刷刮刀配合1 kg的彈簧刮出來的面積最大，面積為155312 pixel。
2. 兩刷刮刀配合1 kg的彈簧刮出來的效果最遠，距離為621 cm。
3. 以最長路徑的彈簧1 kg，第二次距離為例，透過圖形分析可以看到刮刀通過積水時的變化，我們可以發現，我們先圈出刮刀經過的範圍，可以發現橡膠刮刀在刮除積水時，A點為起點，C為終點可以發現刮開的距離比較平均。
4. 我們觀察到兩刷的骨架設計，能讓力道分散，因此刮水比較平均。



研究五:運用電子羅盤指引刮水車筆直前進

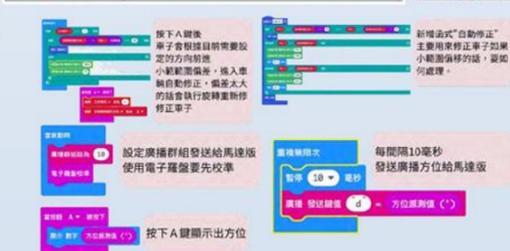
在研究完刮刀後，我們希望小車可以直直的走過籃球場，以來回的方式刮除積水，我們嘗試讓刮水車往前走過籃球場，卻發現了車子會越走越偏的情況，透過錄影的方式，錄下小車前進的影片，透過繪圖軟體的方式合成出右邊的圖片，A線為中間線，可以看到車子一開始前進的時候偏移一點點，但是到後面的時候會越偏越多。這時候我們想到可以利用電腦課學到的電子羅盤的原理，來設定小車讀取目前的方位角度，再依據小車讀取到的角度進行方向的修正。

現場定位：
讀取到方位角度後，我們需要實際的量測籃球場的上的方位，用來指引小車前進時的方位角度，因此我們將車子與籃球場的標線來對齊後來量測前進的角度，量測七次後取平均值。

小車面朝方位角度	往上	往下	往左	往右
	100度	280度	10度	190度



程式圖片	說明
	電子羅盤打開時需要校準，方式如下： 校準點 旋轉車子，直到最高點畫面 出現關機校正完成
	按下A鍵時，會出現目前讀取到的方位角度，以此來定位小車目前前進的方向。



三種刮刀的對比

三種刮刀最佳效率比較表			
項目	橡膠刮刀	地板刮刀	兩刷刮刀
最好的彈簧拉力	0.3 kg	1 kg	1 kg
刮開最大面積	60467 pixel	137128 pixel	155312 pixel
刮開最遠距離	390 cm	780 cm	621 cm
刮開的圖形			

結論：

1. 彈簧拉力最小的是橡膠刮刀 < 地板刮刀 = 兩刷刮刀。
2. 可以把積水刮的最遠的是地板刮刀 > 兩刷刮刀 > 橡膠刮刀。
3. 把積水刮開的最大面積的是兩刷刮刀 > 地板刮刀 > 橡膠刮刀。
4. 橡膠刮刀與地板刮刀的圖形可以看到車輛會往左偏移，兩刷刮刀較少有偏移的情況。
5. 最後我們選擇使用刮開面積最大，偏移距離最少的兩刷刮刀搭配1 kg的彈簧拉力。

研究六:運用智能刮水車在籃球場執行刮水任務

車子前進速度的量測

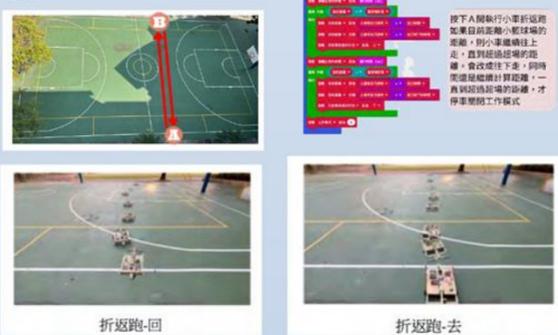
在地面上使用黑色膠帶貼出起始線和終點線距離一公尺，同時標示出車子放置的位置和角度測量點。將小車放置在起始位置，並從起始線開始計時，當小車通過終點線時停止計時。

- 結論：
1. 透過實驗我們可以發現放下刮刀的一公尺的秒數是2.7秒換算速率為0.37公尺/秒。
 2. 沒有放下刮刀的一公尺的秒數是1.4秒換算速率為0.7公尺/秒。



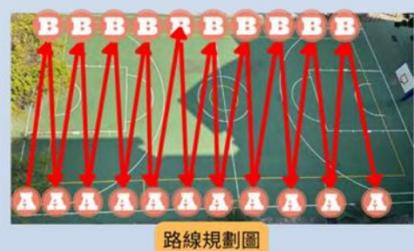
刮水車的折返跑

我們實際量測籃球場的距離，長為25公尺，寬為15公尺，在取得刮水車的速率後，編寫讓程式讓刮水車，來回跑一趟。



車子完整的跑完整個操場

折返跑的程式再加上重複35次嘗試看看



1. 可以看到標示A點的地方積水消失了，而標示B點的地方積水有被刮開的痕跡。
2. 車輛可以利用這個方式完成，整個籃球場的清掃。
3. 整體的運作時間約為46分鐘，具體運作時間要看積水時刮刀放下的時間而定，如果積水比較多，那刮刀放下的時間越長，時間會越久。
4. 如果可以結合研究二的強化刮水模式，能集中火力刮乾再繼續巡邏就更好了。

陸、結論

一、製作結合馬達與刮刀的刮水車

一開始使用水管來當車體，車體1.2 kg重量太輕，配合配合彈簧使用時，車體會因為彈簧往下推動刮刀的力量而使車體抬升造成馬達的空轉，且通過積水時，會因為路面高低造成馬達空轉，因此我們使用木板來增加重量，打造完成後車體的重量為3.2 kg，並且設計連桿刮刀系統，配合拉伸彈簧，讓刮刀增加刮水效率與保有彈性。

並且我們安裝了micro:bit與馬達開發版，寫入程式，透過micro:bit，特有的廣播系統指揮刮水車的前進、後退、左轉、右轉、與停車。

二、研究自製積水感測器，加強刮除積水

我們使用萬向輪、銅膠帶，自製感測器的感測頭並且透過實驗定義出感測器的邏輯值代表的意思，地面乾燥時數值為1023，隨著積水淹過感測器時數值為243。

以此為基礎，我們將感測器安裝在車輛後方，使用車輛通過積水，可以看到積水明顯的變化圖。

透過積水感測器，我們成功可以知道刮水車何時有通過積水，並且將感測器靠近刮刀，可以感測到刮刀內部沒有時在控制刮水車迴轉。但是我們發現每次迴轉的時間都不一樣，這是一個需要優先解決的問題。

三、運用升降刮刀系統解決刮刀轉彎摩擦力的影響

我們自己設計了，迴轉測試系統，透過黑色膠帶與紅外線避障感測器，順利取得小車的選轉時的數據發現幾個問題：

(一)、使用球型輪時會因為軸心不在中間，而導致刮水車旋轉速度不同，解決方式是換成牛眼輪。

(二)、比較有無刮刀數據，發現有刮刀時的數據比較容易波動，因此證明刮刀對於刮水車在旋轉時候的影響。

為了解決這個問題，我們設計了刮刀升降系統，透過伺服馬達與一字搖臂，連接馬達板，達到刮刀升降的功能，且修改程式，在小車左轉、右轉、後退與停車時，都會將刮刀升起。

四、確定適合彈簧拉力與刮刀種類提升刮水效率

我們透過自製的彈簧拉力測試工具，五種彈簧的拉力，並且使用繪圖軟體，圈選出刮水前，與刮水後的形況，透過相減兩個圖形，計算出刮開的面積，進行比較與分析。

透過上述的綜合考量，我們選擇使用刮開面積最大，偏移距離最少的兩刷刮刀搭配1kg的彈簧拉力，且三節是兩刷的分力設計能讓積水刮更加的均勻。

五、運用電子羅盤指引刮水車筆直前進

我們想讓刮水順利的直走通過籃球場，但是卻發現刮水車會因為越走越偏移，最後離開籃球場，因此我們想到電腦課有教過電子羅盤，利用其方位角度來進行定位，製作完成安裝在刮水車上後，實際到籃球場讀取方位角度，往上100度、往下280度、往左10度、往右190度

利用這的方位角度，我們透過程式的方式不停地修正小車前進的方向，最後順利讓車子可以穿過籃球

六、刮水車實際運作的情況

我們可以讓車子能順利穿過籃球場，因此我們量測籃球場寬度為15公尺，透過實驗量測出車子前進的速率為沒刮刀為0.7 公尺/秒，有刮刀速率為0.37公尺/秒。

因此我們編寫程式，測試刮水車是否可以完成折返跑，結果刮水車可以順利地來回一次，因此我們將操場弄濕，等待積水的產生，改程式，讓小車一鼓作氣完成35次的折返跑，能順利的將籃球場的積水都刮過一輪。

七、未來能改進事項：

我們已經完成刮水車，車體的設計、刮刀，彈簧拉力，基本的路徑計算功能，但是依然有改進的空間，未來規劃改進的項目有：

- (一)、增加車子前進的速度來提升刮水效率。
- (二)、編寫更好的路徑計算功能，來提升刮水效率。
- (三)、整合研究二的強化刮水功能

柒、參考資料及其他

一. Micro:bit : <https://makecode.microbit.org/#>

二. Micro:bit開發版：

<https://www.kaise.com.tw/index.php?route=common/home>

<https://www.circuspi.com/index.php/2020/09/23/ez-start-kit-microbit/>