

# 中華民國第 64 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

082823

疾風吸落葉-自走校園落葉收集機

學校名稱：澎湖縣馬公市中正國民小學

作者：  小六 呂浩辰 小五 茆葦瑄 小五 許芳瑄 小五 許予曦	指導老師：  項志偉 洪常明
---	-------------------------

關鍵詞：Arduino 自走車、落葉收集機

# 作品名稱 疾風吸落葉 -自走校園落葉收集機

## 摘要

本研究目的在於開發一款能夠自動吸取校園落葉的類掃地機器人，經參考相關研究和產品型態後，我們構想以落葉收集桶和自走控制系統分開的方式進行實驗和探究修正。

從實驗過程我們得出最佳落葉收集桶吸葉管徑是8cm，吸葉管口風速應高於19mph，吸葉管口離地面最佳高度為2cm。

自走控制系統我們採用Arduino整合影像辨識技術、馬達驅動模組、超音波感測，達到避障、偵測邊界的基本功能，結合兩大系統就能自動在指定範圍輕鬆吸取樹葉、枯枝等，並將其收集到集葉桶中。

本研究產出成品適用於大型的公共場所或樹木稀疏的平面區域。相對於人工清理，自走落葉收集機可以大幅節省人力成本和時間，對於課業繁忙的學生族群特別有用。

## 壹、研究動機

落葉堆積在校園內，容易滋生細菌和蚊蟲，影響校園環境的衛生、整體美觀。清掃落葉可以保持校園環境的清潔，但是到了秋冬季，落葉量會增加2到3倍之多，清掃工作量大增，本來就不輕鬆的工作更是雪上加霜。因此，本研究採用機械清掃、自走輪結合的方法來清掃落葉，提高清掃效率，開發一款能夠自動掃落葉的類掃地機器人，以解決掃落葉這件苦差事。



(自攝)



(自攝)



(自攝)

## 貳、研究目的

本研究目的在於製造出自動掃落葉的類掃地機器人，以減輕掃落葉的勞動，因此我們預想的研究目的大致上如下列：

1. 研究市售的掃地機產品作為參考，再構想如何實踐目的。
2. 研究如何用吸取的方式收集落葉，並找出最有效率收集落葉的方法。
3. 研究如何結合電子元件並撰寫程式達到避障、偵測邊界的掃地機功能。
4. 結合落葉收集桶和自走控制系統製成-自走校園落葉收集機

## 參、研究設備及器材

### 一、工具

尺、剝線鉗、剪刀、雷射機、3D列印機、焊槍、熱熔膠、電鑽、螺絲起子(一字、十字)、吸塵器、游標卡尺

### 二、材料

輪子、電池、電線、杜邦線、電池盒、開關、螺帽、木板、膠帶、螺絲、螺母、AI哈士奇、Arduino UNO、超音波偵測器、JGA25-370 減速電機、麵包板、18650充電式鋰電池、775直流減速馬達DC12V/10轉、馬達驅動板(L298P)、熱熔膠條、水桶(55L)、水桶(20L)、竹筷、泡綿、PVC水管和轉接頭、3D列印轉接頭、萬向輪、飲料杯、軸承、伺服馬達

### 三、軟體

tinkercad、BlocklyduinoF2、Arduino IDE、Coolterm、Google試算表、fritzing



(自攝)



(自攝)



(自攝)

## 肆、研究過程或方法

### 一、相關研究或設計

我們的研究問題是開發一款能夠自動吸取校園落葉的類掃地機器人，所以資料的研究先從科展歷屆的研究主題探索，接著在用網路搜尋市面上常見的落葉機電清掃工具，最後再根據相關資料製作出一款我們理想中的類掃地機器人。

#### (一) 歷屆研究

我們的研究主題在第62屆科展中有類似作品 - 落葉終結者-自製掃落葉機<sup>1</sup>，最後的成果除了前半的人工掃落葉滾筒設計還有樂高EV3做成的小掃地機器人，不過由於體積較小，對於應用到實際的場域還有改良的空間。

#### (二) 網路的資源

##### 1. 清掃落葉目前市售的產品型態

<sup>1</sup> 落葉終結者-自製掃落葉機. (n.d.). 臺灣網路科教館. Retrieved April 5, 2023, from <https://www.ntsec.edu.tw/Science-Contentent.aspx?cat=136&a=6822&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=26&sid=19923>

		
手推式吸葉機 <sup>2</sup>	手提式落葉吹吸風機 <sup>3</sup>	自動落葉清掃機器 <sup>4</sup>

我們以「吸落葉機」作為關鍵字上Google搜尋，常見的吸落葉機有三種，如上面圖表顯示。經過研究探索後，吸葉機已經都有現成的商品，但是這些都是將落葉收集搭載在行走的馬達上。因此我們構想以落葉收集桶和自走控制系統分開的方式，以自走控制系統透過拉長管線將落葉集中在同一區域的設計。

## 二、研究過程

### (一) 校園落葉環境探索與集葉桶設計

經過我們研究了市售的落葉清掃產品型態後，我們決定先探索學校落葉的清掃區調查落葉的現況，於是我們前往學校北側停車場，並蒐集枯黃的落葉作為研究的道具。蒐集落葉後我們觀察到落葉的大小大約5公分左右，於是嘗試先用學校現有的吸塵器測試能否吸起落葉，結果是落葉直接就卡在吸塵器吸管的洞口。

			
受到東北季風影響，落葉最多的北側(自攝)	蒐集枯黃的落葉作為研究的道具(自攝)	直接使用吸塵器嘗試吸取落葉(自攝)	結果落葉直接卡在吸塵器吸管洞口上(自攝)

為此我們在這個階段要解決的問題是

- 加大吸塵器的口徑讓落葉可以順利被吸塵器吸入
- 加大口徑的必須具備足夠吸力收集落葉

<sup>2</sup>友茂五金工具公司. (n.d.). 美國BILLY GOAT 引擎吸葉機. Retrieved April 7, 2024, from <https://www.06-2018889.com/product-detail-2953502.html>

<sup>3</sup>淘寶-沃達家居專營店. (n.d.). MEDAS電動吹吸機. Retrieved March 7, 2024, from <https://world.taobao.com/item/520165474297.htm?spm=a21wu.24554011-tw.sales-list.1.43ac38ee0HWuvN>

<sup>4</sup>yahoo!拍賣-Y0681006096. (n.d.). 吸葉機樹葉收集器手推式自走式小區物業環衛落葉落葉清掃車最新款. Retrieved March 7, 2024, from [https://tw.bid.yahoo.com/item/101472753696?guccounter=1&guce\\_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce\\_referrer\\_sig=AQAAAG8KKZuDCGCAwKwp-JogMXfmupLWT90AGaUy7Y877pD3pJjU8-hrCvyZ1zpZ\\_wXW1vQH-Tj6nRPH7GMvR0\\_xZtDvQZG0oUGQEKNZ2fC8eQcx2yLWsrM4FNXhMK1ZUpZOvpP](https://tw.bid.yahoo.com/item/101472753696?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAG8KKZuDCGCAwKwp-JogMXfmupLWT90AGaUy7Y877pD3pJjU8-hrCvyZ1zpZ_wXW1vQH-Tj6nRPH7GMvR0_xZtDvQZG0oUGQEKNZ2fC8eQcx2yLWsrM4FNXhMK1ZUpZOvpP)

- 吸塵器現有的集塵桶的開孔太小
- 集塵桶應該要再加大到可以收集落葉



為了解決前述的幾個問題，我們參考了一位外國朋友的旋風集塵桶影片<sup>5</sup>並構想用2個額外的垃圾桶作為新集塵桶(之後稱作集葉桶)替代原本吸塵器的集塵桶，並在集葉桶上開兩個孔洞，一個孔洞連接吸塵器吸管，另一個孔洞放大作為吸落葉的入口，再額外使用家中排油煙機上的排煙管作為吸管。

為了確保2個垃圾桶所製成集葉桶可以達到密閉的效果，我們先在垃圾桶的桶口上黏上泡棉，完成黏合後將2個垃圾桶口相對蓋緊。然後在集葉桶的上側開一個小孔洞，接上吸塵器吸管然後開啟電源，測試能否讓集葉桶達到真空效果。經過實驗之後，我們觀察到大約只約要5-10秒鐘的時間，就可以讓集葉桶達到真空，類似馬德堡效應的實驗，我們可以搬起上桶而且下桶仍吸附上來。

		
<p>2個的垃圾桶作為集葉桶替代原本吸塵器的集塵桶(自攝)</p>	<p>桶口上黏上泡棉，以達到密閉的效果(自攝)</p>	<p>約5-10秒鐘的時間，就可以讓集葉桶達到真空(自攝)</p>

接著在集葉桶的上側再開一個約10公分的新孔作為粗吸葉管的接口，為了確保氣密效果和吸葉管安裝便利性，我們在開孔上先安裝一個3英吋的PVC轉接頭，最後再接上管徑9cm的吸葉管，集葉桶的初步設計就大功告成。

<sup>5</sup> Notap, C. (2019). How to make a simple cyclone dust collector [Video]. In YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=1WnitgYFnE0>

		
開一個約10公分的新孔作為粗吸葉管的接口(自攝)	開孔上安裝3英吋PVC轉接頭(自攝)	新集葉桶設計外觀(自攝)

但是經過一陣實驗後我們發現代誌不是憨人想的那麼簡單，開啟吸塵器後，我們又面臨了一個新的問題：葉子確實有吸進管子，但是吸葉的過程只要有地方卡住後就會開始回堵直到卡在吸葉管口。

		
開啟吸塵器固定功率(自攝)	實驗用9cm管徑吸葉管(自攝)	只要有地方卡住後，就會開始回堵直到卡在吸葉管口(自攝)

## (二) 集葉桶的吸葉管徑大小與風速的研究

完成落葉集塵桶設計工作後，我們開始思考是不是還有其他的變項影響，像是吸塵器本身的運作功率、吸葉管徑的大小以及被管徑大小影響的風速等，在開始實驗之前我們發現還是有一些研究前需要準備的工作：

- 不同吸葉管徑大小要如何接上集葉桶？
- 吸葉管的長度有限，如何延伸吸葉管？

集葉桶上側10公分的開孔安裝了3英吋PVC轉接頭，在轉接頭固定不變的情形下，我們仍需要配合不同的吸葉管管徑做出中介的橋接頭，市面上沒有相關的轉接品可供購買，於是我們用游標卡尺量取了管徑大小數值，用tinkercad繪製出3D模型，印製出來當作橋接頭。

吸葉管的材料原稱是PVC工業吸塵管<sup>6</sup>，雖然管徑有不同尺寸大小，但是長度都是固定的1公尺，為了讓我們構想的自動避障車能長距離使用吸葉管，我們同樣用tinkercad繪製出3D模型，印製相應尺寸的套環將原本長度固定的吸塵管連接起來。

<sup>6</sup> PVC工業吸塵管木工雕刻機除塵管道伸縮透明風管塑料波紋軟管 — 松果購物. (n.d.). 松果購物. Retrieved April 20, 2024, from <https://www.pcone.com.tw/product/info/220225500684>

		
用游標卡尺量取管徑數值 (自攝)	用tinkercad繪製出3D模型 (自攝)	3D列印製作橋接頭 (自攝)
		
3D列印製作吸葉管延伸套環 (自攝)	設計的尺寸略大於測量尺寸2 mm，確保氣密(自攝)	原本長度固定的吸塵管串接 (自攝)

完成了吸葉管和集葉桶的連結工作後，開始進入實驗階段，我們的吸力是由吸塵器提供，實驗中不會做改變所以視為是固定變項，固定吸力下不同管徑大小造成影響的是吸入口的風速，因此我們在這個階段採用arduino搭配風速器模組<sup>7</sup>作為偵測數值的工具，程式碼使用官方網站所發布的程式樣本<sup>8</sup>，風速器模組統一放在吸葉管的入口偵測風速，從吸塵器開啟為起始時間計算30秒，每500毫秒讀取一次數據，數值單位是英里每小時（MPH），所得數值作為我們對風速的標準，然後以原本的9cm管徑吸葉管作為對照組，尺寸更小的8cm管徑吸葉管作為實驗組來做比較，本次想要透過實驗解決的問題是：

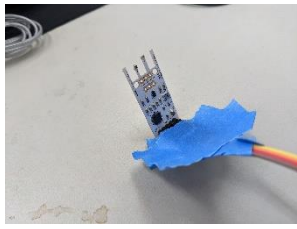
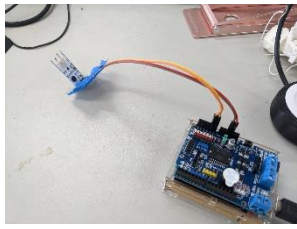
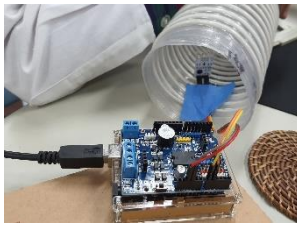

- 吸葉管徑大小對風速的影響？
- 如果可以縮小吸葉管管徑增加風速，風速增加能否改善卡住吸葉管的問題？

組別	實驗變項	控制變項
對照組	9cm管徑吸葉管	固定吸塵器功率 固定集葉桶容量為110L arduino搭配風速器模組設置於吸葉管入口 從吸塵器開啟為起始時間 計算30秒 每500毫秒讀取一次數據
實驗組	8cm管徑吸葉管	

吸葉管徑大小與風速的實驗

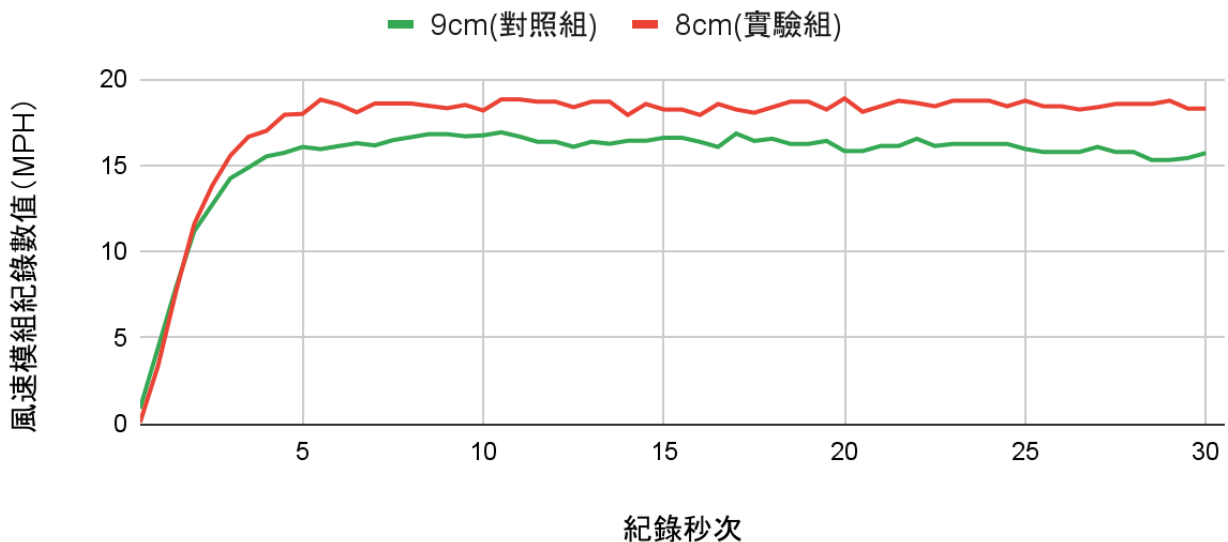
<sup>7</sup> 飄機器人\_科技教育應用團隊. (n.d.). 風速器模組(Wind sensor rev. C). Retrieved April 11, 2024, from <https://shop.playrobot.com/products/sensor-dg0753>

<sup>8</sup> moderndevice. (n.d.). moderndevice/Wind\_Sensor: Documents and Arduino Code for using the Modern Device Wind Sensor. GitHub. Retrieved March 11, 2024, from [https://github.com/moderndevice/Wind\\_Sensor](https://github.com/moderndevice/Wind_Sensor)

			
風速器模組(Wind Sensor Rev. C)(自攝)	arduino搭配風速器模組作為偵測工具(自攝)	風速器模組放在吸葉管的入口偵測風速(自攝)	計算30秒，每500毫秒讀取一次數據(自攝)

實驗前我們猜測因為入口面積較小，風速應該是8cm吸葉管會比較高，經過實驗後我們將風速器模組所取得的數據登記在google試算表上，比較後果然得出與我們猜測相同的結果：吸葉管徑大小和風速大小成反比。

### 落葉集塵桶的吸葉管徑大小與風速的實驗





原本9cm吸葉管會有卡住樹葉的問題，已經提高風速的8cm吸葉管在實際吸取樹葉的測試中，完全解決了卡住樹葉的問題。基於本次實驗結果，本次想要透過實驗解決的問題是：

- 如果使用管徑尺寸更小的吸葉管再提高風速，能否讓吸葉能力更強呢？

於是我們決定再採用更小的7cm、6cm、5cm、4cm的管徑作為實驗組、8cm的管徑作為對照組，我們預測管徑越小、風速越大可以達到更好的吸葉效率，實驗結果推翻了我們的預測，風速提高的7cm管徑雖然確實將葉片吸入，但是因為管徑縮小使得葉片容易卡在管徑上，一旦有一個小地方卡住就會使得後續回堵，其餘更小口徑的6cm和7cm有相同情形-直接卡在吸葉管中間，5cm、4cm則是入口本身就太小導致葉片連入口都進不去。



		
<p>採用更小的7cm、6cm、5cm、4cm的管徑作為實驗組(自攝)</p>	<p>因為管徑縮小使得葉片容易卡在管徑上(自攝)</p>	<p>更小口徑的6cm也是相同情形-直接卡在吸葉管中間(自攝)</p>

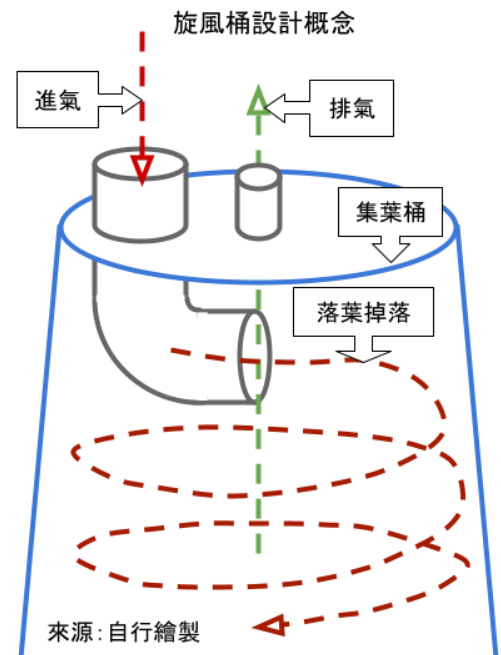
基於以上的實驗研究之後，我們確定8cm的吸葉管可以達到足夠的吸力，且管徑寬度夠大可以容納樹葉通過，因此8cm的吸葉管將作為我們後續研究的固定變項。

### (三) 集葉桶內側旋風設計

在前面的設計我們參考了一位外國朋友的旋風集塵桶影片<sup>9</sup>，在影片約4分鐘左右有提到了旋風分離的作法，影片中在集塵桶的PVC轉接頭下方加裝彎頭，讓進氣的方向變成逆時針的旋轉。因此我們猜測加裝旋風設計應該會讓氣流順暢使風速增加，如果可以增加風速是否代表可以讓吸葉管有更強的吸力，讓吸取落葉的過程更加順利？本次想要透過實驗解決的問題是：

- 加裝了旋風設計能否讓集葉桶內的進氣風速增加？
- 增加了進氣風速的吸葉管能否更有效率？






於是我們決定採用不同角度的彎管結合進氣旋轉方向作為實驗組，原本不裝彎管的直接掉落作為對照組，不同角度的彎管我們有90°和45°兩種，進氣後的旋轉方向分為逆時針旋轉和順時針旋轉，因此結合出4個不同的實驗組：逆時針90°、逆時針45°、順時針90°、順時針45°，不同角度的彎管有現成的PVC管材，且可以和我們原本設計的接頭順利接合，本次同樣採用arduino搭配風速器模組作為偵測工具，風速器模組放在8cm吸葉管的入口偵測風速，從吸塵器開啟為起始時間計算30秒，每500毫秒讀取一次數據。



<sup>9</sup> Notap, C. (2019). How to make simple cyclone dust collector [Video]. In YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=1WnitgYFnE0>

組別	實驗變項	控制變項
實驗組	逆時針安裝 90°彎管	固定吸塵器功率 吸葉管直徑寬度為8cm 固定集葉桶容量為110L arduino搭配風速器模組設置於吸葉管入口 從吸塵器開啟為起始時間 計算30秒 每500毫秒讀取一次數據
實驗組	逆時針安裝 45°彎管	
對照組	不裝管	
實驗組	順時針安裝 45°彎管	
實驗組	順時針安裝 90°彎管	

集葉桶旋風設計的實驗

				
逆時針安裝 90°彎管(自攝)	逆時針安裝 45°彎管(自攝)	不裝管(自攝)	順時針安裝 45°彎管(自攝)	順時針安裝 90°彎管(自攝)

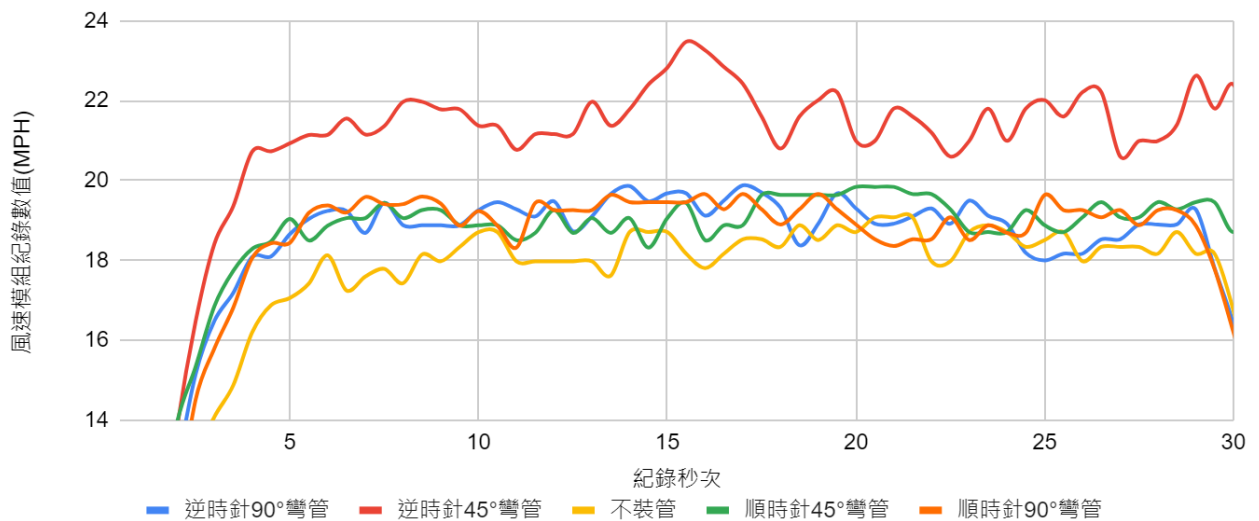
		
用電動工具切取適當長度(自攝)	安裝實驗組彎管(自攝)	彎管安裝完成內側情形(自攝)

實驗前我們猜測逆時針90°彎管的風力數值應該會最高，因為市面上旋風桶的設計進風口通常和排氣孔通常垂直，結果與我們所預測不同，逆時針安裝 45°彎管一支獨秀，因為氣流的流動都在集葉桶內部，我們沒辦法觀察到空氣流動或是解釋為什麼是逆時針安裝 45°彎管最優秀，只能用數據來判斷。所以針對本次實驗的第一個問題：安裝了旋風設計可以略為增加管內風速。

有了旋風設計的實驗，我們將旋風設計導入吸葉實驗中，我們預測安裝了旋風設計應該可以讓吸葉管的吸葉效率更好。但是經過一陣實驗後我們發現代誌不是憨人想的那麼簡單，開啟吸塵器後，我們又面臨了一個新的問題：落葉會卡在集葉桶的轉接頭。



集葉桶旋風設計的實驗



原本對照組的不裝管集葉桶在開啟吸塵器蒐集落葉完全沒有堵塞的問題，但是只要裝上逆時針 45°彎管，我們觀察到落葉都會在轉接彎頭處開始回堵，經過了幾次來回測試後還是無法排除堵住情形，所以雖然使用逆時針 45°彎管的旋風設計可以加速進氣，但是彎管問題堵住落葉無法解決，只好放棄旋風設計，改用原本內側不裝管的方式進行後續實驗。

#### (四) 集葉桶容量的研究

吸塵器的功能是将集葉桶和吸葉管中的空氣抽除，使集葉桶和吸葉管內部形成瞬間真空，內部的氣壓大大低於外部的氣壓，在這個氣壓差的作用下，落葉隨着氣流進入集葉桶體內，前面的實驗我們都使用2個一般垃圾桶作為集葉桶，總內容量約110公升(55+55)，我們觀察到吸葉管口風速要達到穩定大約需要10秒，因此我們猜測集葉桶容量如果縮小，能否縮短吸葉管達到穩定風速的時間？風速是否會因為縮小集葉桶容量而增加？本次想要透過實驗解決的問題是：

- 縮小吸葉桶的容量，能否縮短「熱機」時間？
- 縮小吸葉桶的容量，是否會使吸葉管口風速產生變化？

組別	實驗變項	控制變項
對照組	集葉桶-110L	固定吸塵器功率 吸葉管直徑寬度為8cm
實驗組	集葉桶-20L	arduino搭配風速器模組設置於吸葉管入口 從吸塵器開啟為起始時間 計算30秒 每500毫秒讀取一次數據

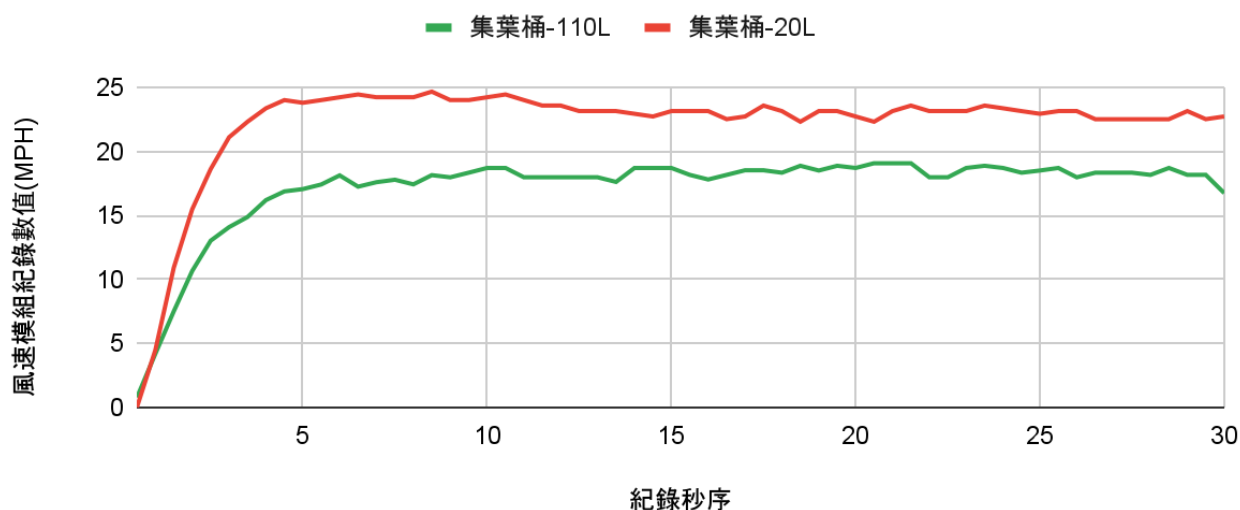
### 集葉桶容量與風速的實驗

我們採用學校工地的廢料桶作為實驗組，原本的2個垃圾桶合體作為對照組，廢料桶的標籤容量是20L，本次同樣採用arduino搭配風速器模組作為偵測工具，風速器模組放在8cm吸葉管的入口偵測風速，從吸塵器開啟為起始時間計算30秒，每500毫秒讀取一次數據。



實驗前我們猜測因為縮小了集葉桶容量，吸塵器抽取空氣達到真空的時間應該會縮短，畢竟需要抽取的空氣變少了，「熱機」時間應該會加快。風速這一題在討論過程中大家都沒什麼把握，所以決定讓實驗數據說話。經過實驗後我們將風速器模組所取得的數據登記在google試算表上，比較後得出與我們猜測相近的結果：「熱機」時間實驗組有些微提升、吸葉管口風速則是驚人的增加到23-24MPH。

## 集葉桶容量與風速的實驗



### (五) Arduino自走車的硬體構成和程式設計

自走車的研究，我們的起點從ArduinoUNO、L298P直流馬達驅動模組、JGA25-370減速電機開始，額外準備的材料還有電池盒、電池（18650）、減速電機車輪、車身底盤（木板製作）、杜邦線等連接零件。車身底盤的製作考慮到需要外接吸葉管，所以預留中間通透空間，L298P馬達驅動板和Arduino主板先安裝在底盤前端通過杜邦線連接，JGA25-370減速電機和車輪則裝在車身底盤底部，最後把電池（18650）連接到L298P馬達驅動板上，再由L298P馬達驅動板提供ArduinoUNO所需電源。

		
測試馬達正負極與旋轉方向 (自攝)	使用木條製作車身底盤 (自攝)	確認空間可以容納吸葉管 (自攝)
		
著手研究程式控制馬達驅動 (自攝)	測試前進後退左轉右轉程式 (自攝)	嘗試負重拖行吸葉管 (自攝)

在程式編寫的軟體，我們先採用了BlocklyduinoF2，編寫控制馬達運轉的程式，程式中定義馬達的腳位、轉速、轉向、運轉時間等設計。首先測試用2顆馬達控制自走車前進、後退、轉彎的基本功能，再嘗試負重拖行吸葉管。

吸葉管材質偏軟，固定在自走車上需要額外加工，我們先用電腦主機淘汰的廢料方形管暫時當作支撐的邊框固定在自走車上，再將吸葉管固定在方形管上，再開啟ArduinoUNO嘗試讓自走車拖行吸葉管先四處逛逛，觀察走動期間的變化。

		
<p>用電腦主機淘汰的廢料方形管暫時當作支撐(自攝)</p>	<p>將吸葉管固定在方形管上(自攝)</p>	<p>開啟ArduinoUNO嘗試讓自走車拖行吸葉管先四處逛逛(自攝)</p>

拖行吸葉管的過程中，我們有觀察到吸葉管和自走車是固定在相同的軸上，當外圈自走車框架轉彎時，內圈的吸葉管也要跟著轉彎，但是內圈的吸葉管是不需要轉彎的，因此我們需要一個可以讓內圈和外圈可以分別運作的元件，本處想要解決的問題是：

- 是否有現有設計可以讓內圈吸葉管和外圈自走車可以分別運作旋轉？

生活中正好已有這個滾動元件-軸承(培林)。不過現實生活中的軸承內徑80mm、外徑100mm尺寸要價不斐，我們只好再轉向3D列印技術用低價方法來解決軸承問題。根據我們上網搜尋的結果，軸承的實測影片<sup>10</sup>提到三種不同形式的3D列印軸承，分別是滾珠軸承(Ball bearing)、圓筒滾子軸承(Cylindrical roller bearings)、齒輪軸承(Gear bearing)，影片中在4分28秒到8分28秒中的測試，只有圓筒滾子軸承在高速測試過後仍保持原有功能，滾珠軸承和齒輪軸承則是因為高速轉動產生了些微磨損，於是我們選擇3D列印的圓筒滾子軸承作為解決問題的方案。

		
<p>內圈加上圓柱形的設計讓吸葉管安裝(自攝)</p>	<p>支架加上延伸支架，設計開孔方便螺絲釘可以固定(自攝)</p>	<p>將圓筒滾子軸承外圈加裝在自走車外框(自攝)</p>

<sup>10</sup> Print, L. (2020). 3D printed bearings - Are these real things? (Building and testing) [Video]. In YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=xg\\_iOEb2M00](https://www.youtube.com/watch?v=xg_iOEb2M00)

影片提到的圓筒滾子軸承<sup>11</sup>在thingiverse上提供，我們將檔案下載後縮放為我們需要的尺寸，外圈軸承再加上延伸支架，支架上設計開孔方便螺絲釘可以固定在自走車外框上，內圈加上圓柱形的設計讓吸葉管方便安裝。經過加裝軸承設計之後，內外圈的吸葉管、自走車就可以分別運作。

解決了軸承之後，下一個難題是吸葉管的重量限制了自走車的行動，前述實驗的8cm吸葉管長度為3m，因此在前述的實驗中JGA25-370減速電機都還可以拖動吸葉管運動。為了有效延長自走車的清掃範圍，我們將吸葉管長度延長至10m，打造了一條在地面上拖行的大蛇，壓在地上的摩擦力陡然上升，小小馬力的JGA25-370減速電機拖不動10m吸葉管只能原地空轉，因此本處想要解決問題是：

- 自走車JGA25-370減速電機加裝彈性輪胎能否克服吸葉管在地上的摩擦力？
- 吸葉管底部加裝移動輪能否克服吸葉管在地上的摩擦力？

我們觀察到JGA25-370減速電機因為拖不動吸葉管空轉、摩擦力來自吸葉管垂在地面，所以我們先針對原本的硬質輪胎加裝泡棉，因為我們生活中的橡膠輪胎本身就具有些微彈性，結果失敗了，加裝泡棉後輪胎依舊在原地空轉。

於是我們嘗試在吸葉管底部加裝移動輪，但是最終還是以失敗告終，JGA25-370減速電機力量介於推得動的臨界點，如果從後面輕輕幫它推一把，還是可以前進的，大多時候JGA25-370減速電機力量還是會被摩擦力抵銷，使得輪胎仍在原地空轉。



在吸葉管底部加裝移動輪，降低地上的摩擦力(自攝)



吸葉管底部加裝移動輪，電機輪胎仍在原地空轉(自攝)



如果從後面輕輕幫它推一把，還是可以前進的(自攝)

基於前述的方案都沒有辦法有效解決摩擦力的問題後，我們決定加大馬達動力，只要馬達動力大於摩擦力，自走車應該可以正常拖動吸葉管運動。於是我們將原本的JGA25-370減速電機換為775直流減速馬達DC12V/10轉(以下稱775馬達)，雖然更換後馬達電壓提高，但是仍在L298P直流馬達驅動模組可以驅動的範圍之內。

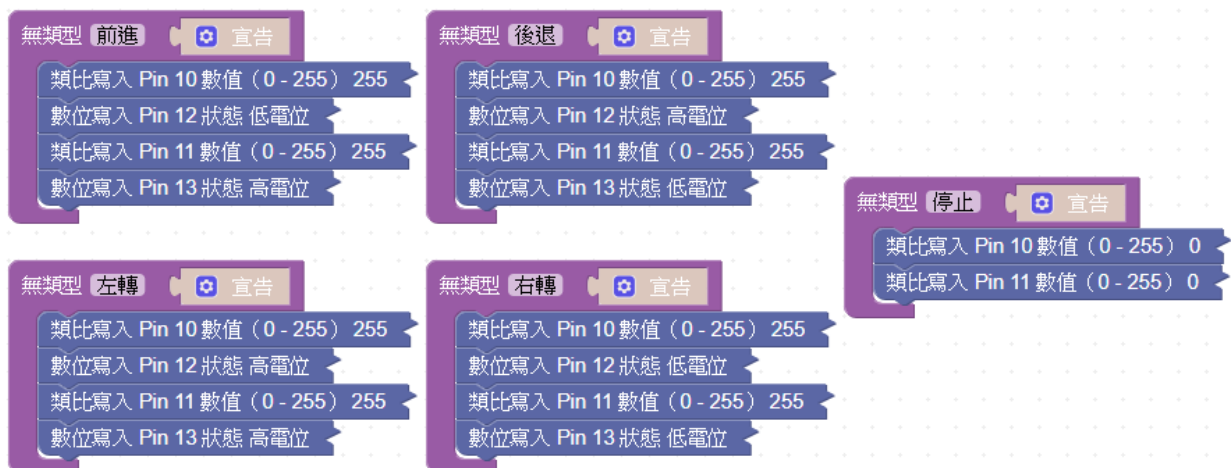
<sup>11</sup> Thingiverse.com. (n.d.). Slew Bearing, parametric Design with Fusion 360 by TheGoofy. Thingiverse. Retrieved April 15, 2024, from <https://www.thingiverse.com/thing:2375124>

		
原本JGA25-370減速電機 (自攝)	原本JGA25-370電機輪胎 (自攝)	原本安裝在後方的牛眼輪 (自攝)
		
改裝775-10轉馬達 (自攝)	改裝775-10轉馬達輪胎 (自攝)	改裝橡膠萬向輪 (自攝)

ArduinoUNO、L298P直流馬達驅動模組兩者搭配，可以用來控制兩顆直流馬達的正轉、反轉和速度。L298P直流馬達驅動將馬達的順時針、逆時針整合在pin12、pin13兩個角位可以用高低電位調整，速度的控制整合在pin10、pin11用類比腳位0~255控制速度。

右輪對應L298P驅動模組標示的motorA，正反轉在pin12，速度控制在pin10。

左輪對應L298P驅動模組標示的motorB，正反轉在pin13，速度控制在pin11。



考量到自走車基本的避障功能，我們採用簡單有效的超音波模組感應距離，超音波模組發射波腳位設定在pin5、接收波腳位設定在pin6，所測得的距離再決策是否繼續前進，我們將障礙的距離設定為20cm，如果超音波模組偵測小於20cm則先看看左右距離。



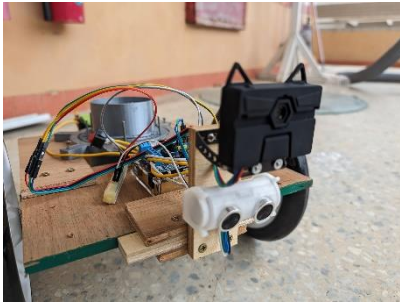


左右兩邊距離的探測，使用伺服馬達轉動超音波模組，伺服馬達腳位設定在pin9，伺服馬達起始設定對準正前方90°位置，當超音波模組偵測小於20cm伺服馬達先左轉到45°位置探測一次距離，之後再右轉到135°位置探測一次距離。左右兩個位置所探測到的距離再做比較，看左右哪邊距離長就轉那邊。之後伺服馬達會回到正前方90°位置繼續迴圈偵測。

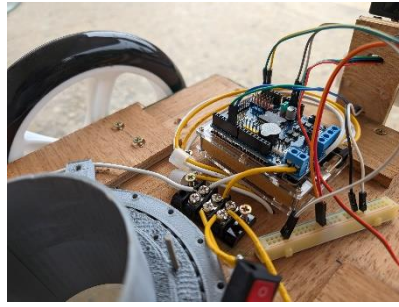
上面提到超音波模組偵測小於20cm的流程用在自走車在行進中遇見障礙物的應對方法，另外如果在超音波模組偵測大於等於20cm時，考量到我們的落葉自走車有移動距離的限制，需要額外設置邊界點來讓自走車返回，由於不可能拉起封鎖線限制移動範圍，我們採用辨識圖形鏡頭讀取標籤的方式來做出反應。

所以在超音波模組偵測大於等於20cm時的流程中，我們透過huskylens偵測鏡頭中有沒有目標標籤圖案，如果沒有圖案或是圖案在鏡頭裡的大小小於120像素，則自走車繼續前進，如果huskylens偵測鏡頭出現圖案且大於等於120像素，則後退並右轉，再回到原本超音波距離偵測的迴圈。





偵測距離超音波模組  
和偵測標籤的huskylens(自攝)



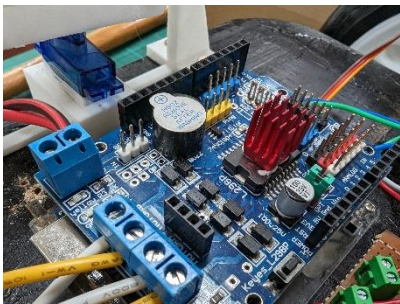
控制元件的ArduinoUNO  
L298P直流馬達驅動板(自攝)



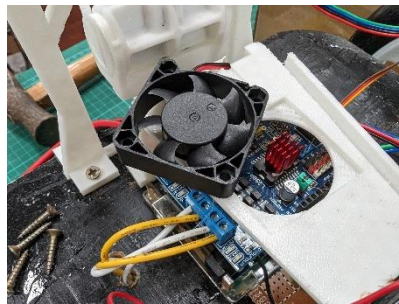
電力來源18650電池(自攝)

在幾次實際試走的過程中，機器都穩定且持續的正常運作，直到我們有人發現機器在運作一段時間後，huskylens會自動反覆開機關機，像是電力不足，我們重新將電池充飽後發現還是有相同的狀況，幾次觀察之後我們發現重複開關機的時間點大多在運作90秒過後，我們猜測會不會是運作了一段時間後過熱導致的反覆開機，於是我們逐一檢查後果然發現是L298P的晶片運作時產生熱能導致晶片過熱。

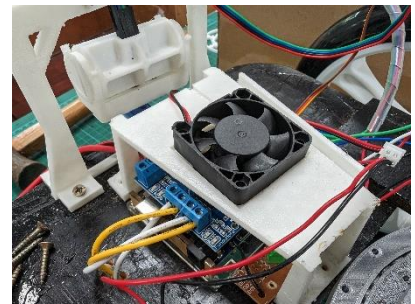
為了解決L298P過熱的問題，我們在晶片上安裝了散熱鰭，幫助晶片傳導熱量，再外加小風扇幫助空氣對流，解決了L298P晶片過熱問題。



在原本的L298P晶片上安裝散  
熱鰭片(自攝)

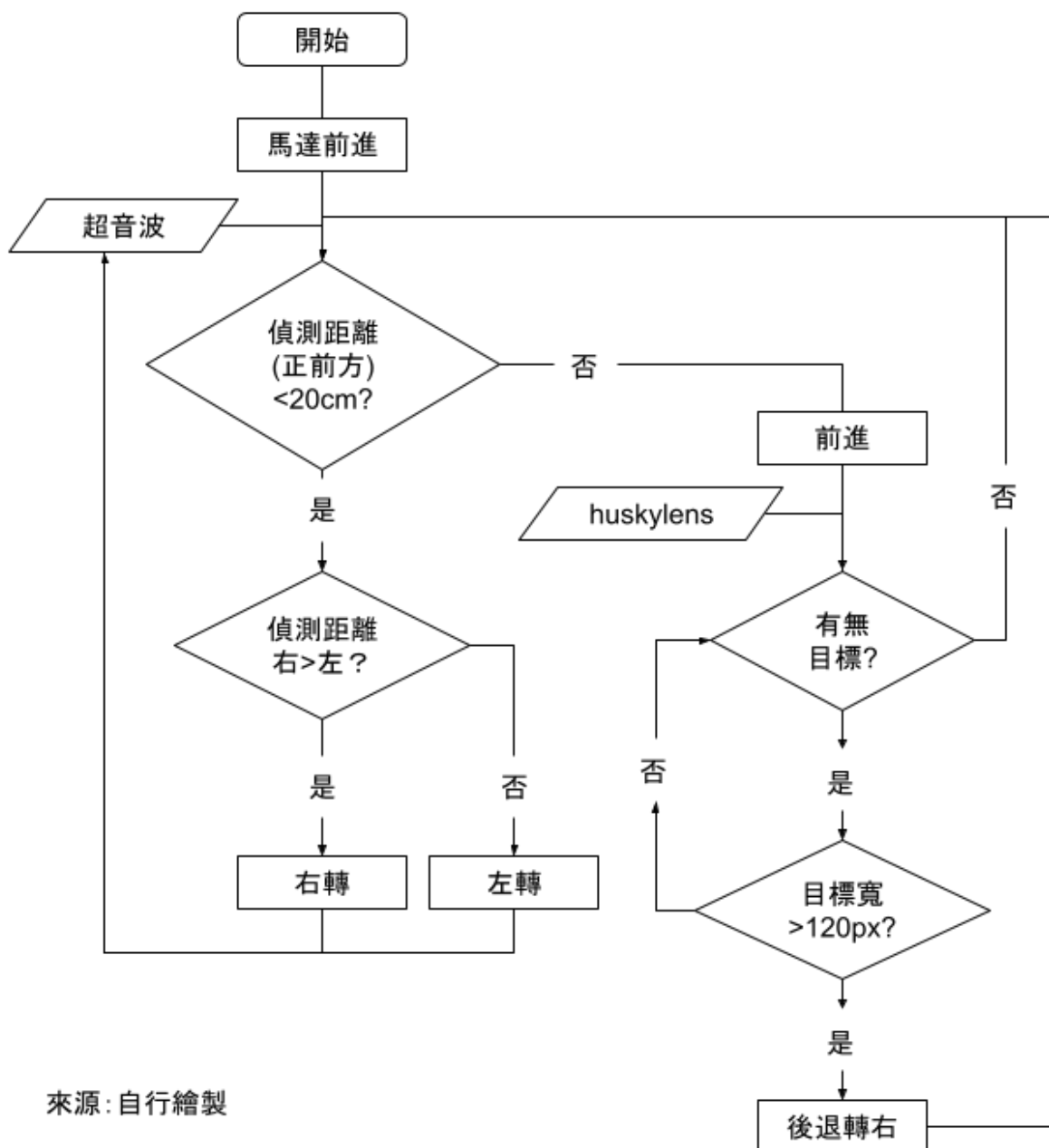


額外設計一份風扇支架(自攝)



接上2顆9V串連電池提供電  
力(自攝)

至此整個自走車的設計算是大功告成，所有程式的流程圖如下所示。



來源: 自行繪製

自走校園落葉收集機-程式設計流程圖

#### (六) 吸葉管口距離地面高度的實驗

完成了前述的實驗和設計，我們將作品放入實驗環境測試，看看達到的效果。首先，我們想要了解在同一塊面積裡落葉收集機在同樣時間內的清潔效率，因此我們設定落葉實驗面積為3m、寬度1.5m，在周圍設置邊界標籤。一開始我們討論使用面積比例計算效率，假定所有落葉平均分散，以全部落葉面積為分母、掃除運作一段時間後面積做為分子，計算出單位時間的清掃效率。所以本處要解決問題是：

- 掃除一段時間之後的落葉面積要如何計算？

使用相機拍照之後再使用電腦分辨顏色算出面積？經過大家一天一夜的思考後，隊伍中有人提出計算重量的方法，假定所有落葉平均分散，以全部落葉重量為分母、掃除運作一段時間後所收集落葉為分子，就可以比較出單位時間內一定面積的清掃效率。測試運作時，我們發現我們距離地面的管口設定太低，雖然風力足夠

能吸取部分落葉，但是卡在管口附近導致吸葉效率低下。因此本處想要解決問題是：

- 吸葉管距離地面高度須設定在多少，可以取得最佳清掃效率？

		
<p>設定實驗區長度為3m、 寬度1.5m(自攝)</p>	<p>落葉實驗面積為2m、寬度30 cm(自攝)</p>	<p>一開始設定管口太低落葉全 都卡在洞口(自攝)</p>

經過我們測量，原本對照組距地高度是0.5cm，我們觀察到0.5cm太過貼近地面，落葉會卡在吸葉管入口周圍，所以實驗組採取逐步增加地面距離，每個變項增加0.5cm，並採用相同塑膠杯作為吸葉管口材料。落葉的實驗總重100g，平均鋪設面積為2m、寬度30cm，實驗後測量吸葉桶內落葉重量。

組別	實驗變項	控制變項
對照組	距離地面 0.5 cm	固定吸塵器功率 吸葉管直徑寬度為8cm 固定集葉桶容量為20L 落葉自走車直線前進 落葉實驗面積為2m、寬度30cm，重量100g 採用相同塑膠杯作為吸葉管口材料
實驗組	距離地面 1.0 cm	
實驗組	距離地面 1.5 cm	
實驗組	距離地面 2.0 cm	
實驗組	距離地面 2.5 cm	

吸葉管口距離地面高度的實驗

		
<p>使用同樣材質製作5種不同距 地高度(自攝)</p>	<p>自走車安裝底部吸葉管側照 (自攝)</p>	<p>使用電子秤測量重量(自攝)</p>

實驗一開始的距離地面 0.5 cm和距離地面 1.0 cm實驗組，因為距離地面較近，一開機強大的吸力的把底部塑膠杯吸扁壓毀，對於這突如其來的實驗結果大家都嚇一跳，事後我們猜測可能是底部進氣空間小造成強大吸力以及塑膠杯太過軟Q，雙重因素下導致意外。

距離地面 1.5 cm實驗組吸取量約總量1/3，我們從側面觀察吸葉口發現距離地面高度不夠導致落葉沒有辦法進入洞口，而是大堆落葉卡在吸葉口周遭。距離地面 2.0 cm實驗組正好可以讓多數落葉通過，所以取得了本實驗的最佳數據，三次實驗的吸取量都接近七成。距離地面 2.5 cm實驗組的數據忽高忽低，第1次實驗和第3次實驗過程中我們有觀察到落葉卡在車體軸承處，我們推測這樣的結果可能是因為管口距離地面已經太高，吸力不夠沒有辦法將落葉往回推，所以堵塞在入口處。

離地距離	0.5 cm	1.0 cm	1.5 cm	2.0 cm	2.5 cm
第1次實驗	0 / 100	0 / 100	40 / 100	65 / 100	31 / 100
第2次實驗			39 / 100	77 / 100	70 / 100
第3次實驗			32 / 100	79 / 100	14 / 100
第4次實驗					50 / 100
平均	壓毀破壞	壓毀破壞	37g	73.6g	



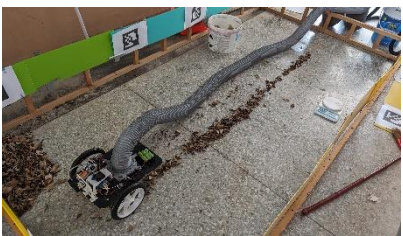
距離地面 0.5 cm對照組被強大吸力壓扁(自攝)



距離地面 1.0 cm實驗組被強大吸力壓扁(自攝)



距離地面 1.5 cm實驗組大堆落葉卡在吸葉口周遭(自攝)



距離地面 2.0 cm實驗組順利清除落葉完成實驗(自攝)



距離地面 2.5 cm實驗組第1次實驗卡住洞口(自攝)



距離地面 2.5 cm實驗組第3次實驗卡住洞口(自攝)

## 伍、研究結果

本章的研究結果，我們在實驗時用風速器模組搭配Arduino作為蒐集數據工具，風速模組的程式在github上有範例，我們請老師將程式寫進ArduinoIDE，再由序列埠取得數據，之後將數據紀錄複製到google試算表，使用公式計算、製作圖表，方便解讀數據的趨勢判斷變項是否有效，並加入觀察到的現象討論、解釋可能造成的因素。

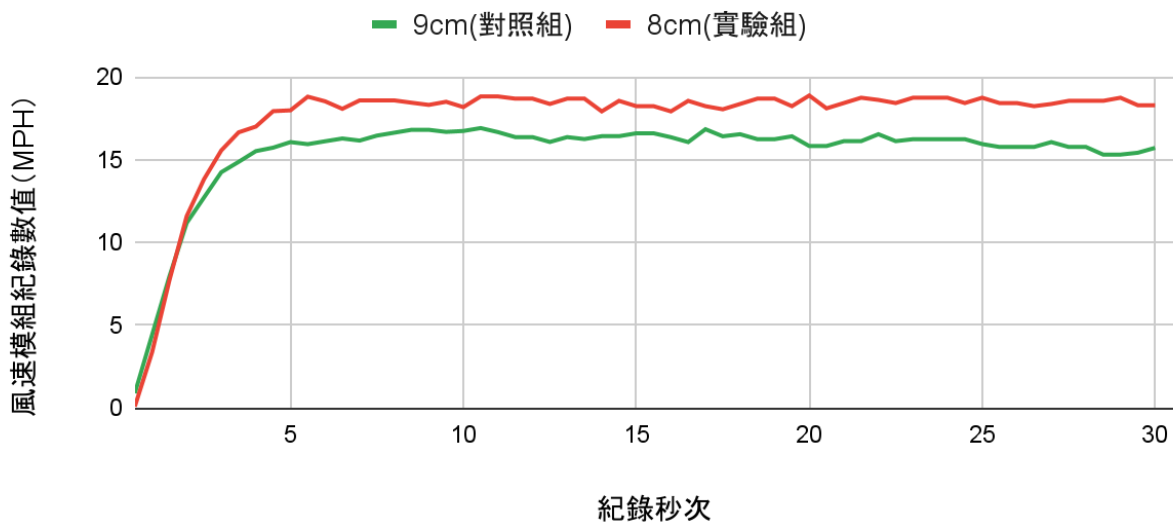
### 一、落葉桶的吸入管徑大小對風速影響

本實驗測量固定吸力下不同管徑大小對進氣口風速的影響，因此我們以原本的9cm管徑吸葉管作為對照組，8cm管徑吸葉管作為實驗組來做比較。

組別	實驗變項	控制變項
對照組	9cm管徑吸葉管	固定吸塵器功率 arduino搭配風速器模組設置於吸葉管入口 從吸塵器開啟為起始時間 計算30秒 每500毫秒讀取一次數據
實驗組	8cm管徑吸葉管	

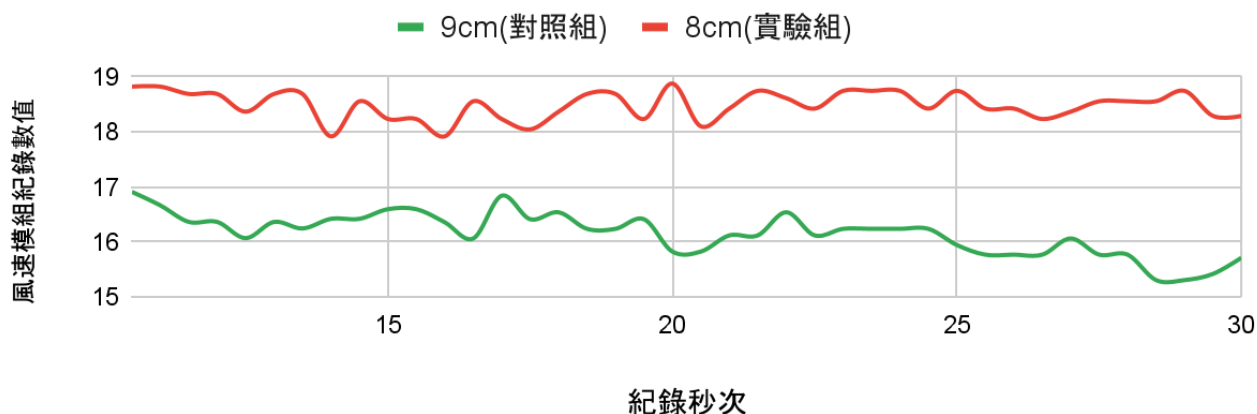
吸葉管徑大小與風速的實驗

### 落葉集塵桶的吸葉管徑大小與風速的實驗




吸葉管徑大小與風速的實驗數據折線圖-1

## 落葉集塵桶的吸葉管徑大小與風速的實驗



吸葉管徑大小與風速的實驗數據折線圖-2

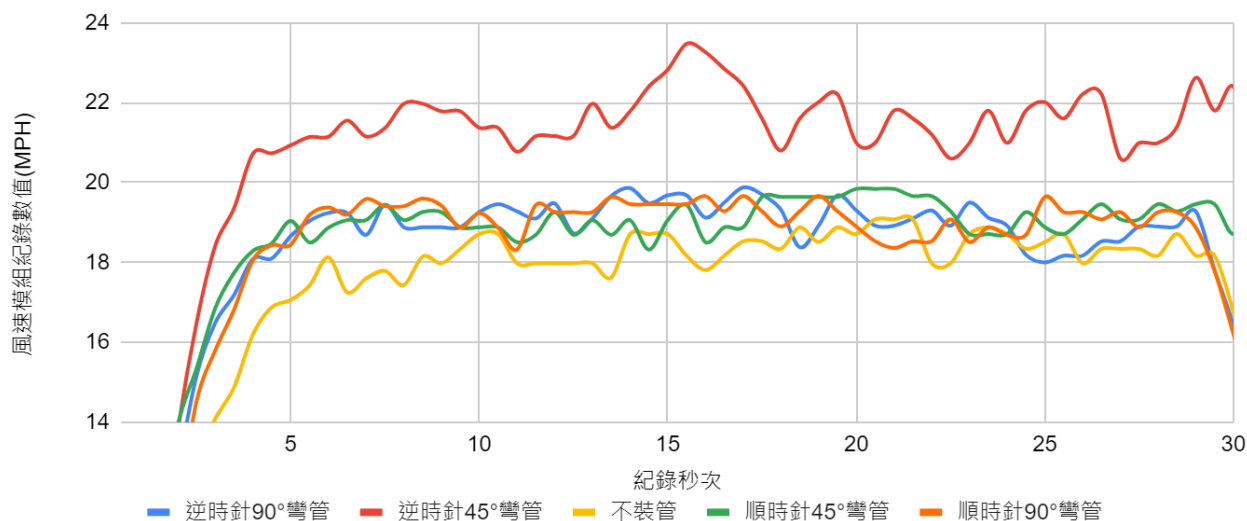
從實驗的數據和圖表我們觀察到一些現象：

- 從啟動吸塵器開關起，進氣口的風速會漸漸升高，大約5-10秒(計次數10)的時間就可以到達數據的高原值，然後一直持續到關閉電源為止。
- 我們觀察到電源啟動後約10秒風速漸趨穩定，於是我們取10秒到30秒的數據另外做折線圖-2，可以觀察到8cm管徑實驗組優於9cm管徑對照組，這個區間兩組的平均值分別是實驗組18.487MPH ，對照組16.157MPH。

## 二、集葉桶旋風設計對風速的影響

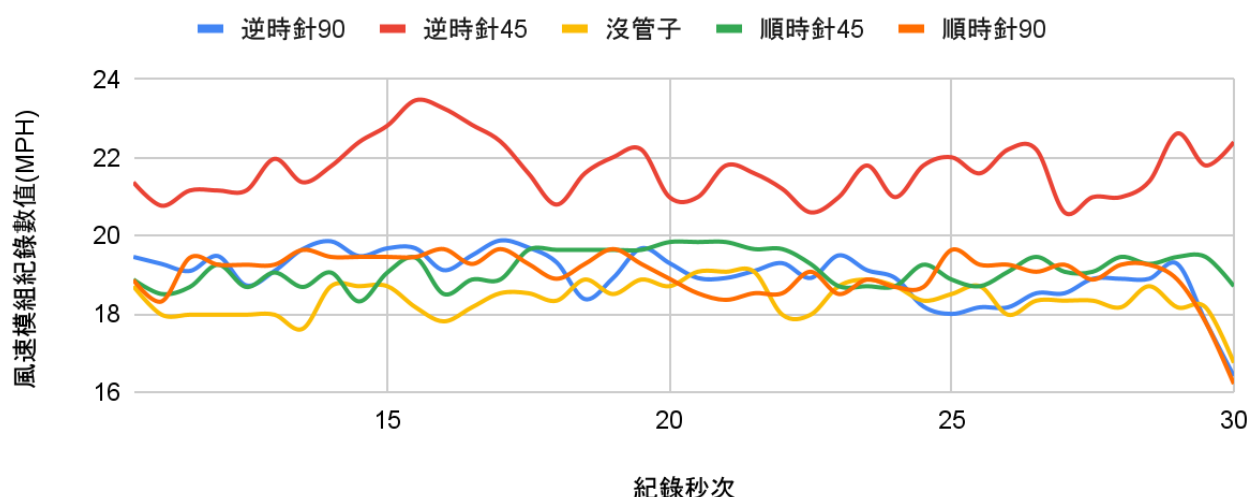
我們猜想加裝旋風設計應該會讓氣流順暢使風速增加，雖然最後結果是不採用風速較快的旋風設計，不過過程的相關數據還是寫在後面供參考。

### 集葉桶旋風設計的實驗



集葉桶旋風設計的實驗數據折線圖-1

## 集葉桶旋風設計的實驗



集葉桶旋風設計的實驗數據折線圖-2

從實驗的數據和圖表我們觀察到一些現象：

- 從啟動吸塵器開關起，進氣口的風速會漸漸升高，大約5-10秒的時間就可以到達數據的高原值，然後持續到關閉電源為止。這部分和第一個實驗的結果相似。
- 我們觀察到電源啟動後約10秒風速漸趨穩定，於是我們取10秒到30秒的數據另外做折線圖-2，可以觀察到逆時針90°彎管、不裝管、順時針45°彎管、順時針90°彎管在風速的數據都相當接近難以區分勝負，唯獨逆時針45°彎管一路領先，5個變項的計次21到計次60的數據平均值如下。

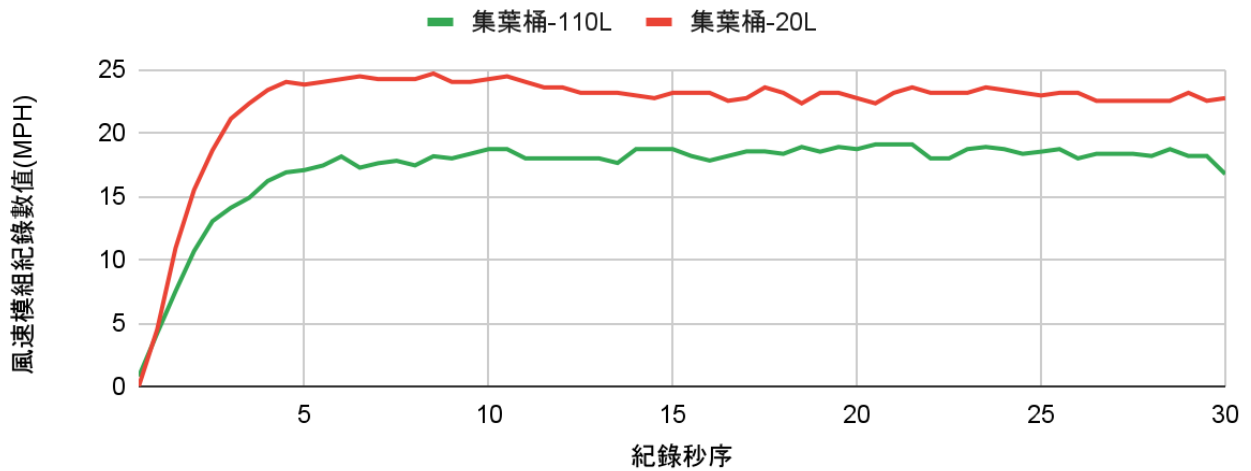
組別	實驗變項	實驗風速平均值(MPH)
實驗組	逆時針安裝 90°彎管	18.995
實驗組	逆時針安裝 45°彎管	21.693 🏆
對照組	不裝管	18.373
實驗組	順時針安裝 45°彎管	19.157
實驗組	順時針安裝 90°彎管	19.009

### 三、集葉桶容量對風速的影響

本實驗測量固定吸力下不同集葉桶容量對進氣口風速的影響，前面的實驗我們都使用2個一般垃圾桶作為集葉桶，總內容量約110公升(55+55)，我們觀察到吸葉管口風速要達到穩定大約需要10秒，因此我們猜測集葉桶容量如果縮小，能否縮短吸葉管達到穩定風速的時間？風速是否會因為縮小集葉桶容量而增加？

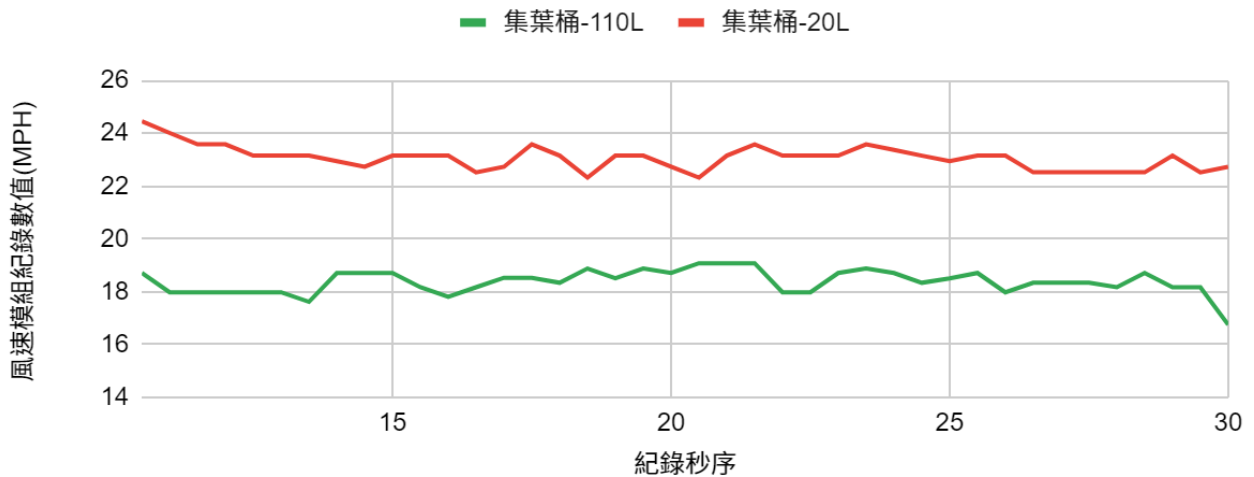


## 集葉桶容量與風速的實驗



集葉桶容量的實驗數據折線圖-1

## 集葉桶容量與風速的實驗



集葉桶容量的實驗數據折線圖-2

從實驗的數據和圖表我們觀察到一些現象：


- 我們將達到高原值10秒到30秒間的數據平均得到下表數據，對照組的集葉桶-110L風速平均值為18.373，實驗組集葉桶-20L風速很明顯高出近20%，若以數據來說算是相當大的差距。

組別	實驗變項	實驗風速平均值(MPH)
對照組	集葉桶-110L	18.373
實驗組	集葉桶-20L	23.059 🏆

- 從折線圖1曲線的觀察，實驗組風速達到接近頂峰的時間點略比對照組快一些，如果以高原值平均值作為頂峰到達標準，實驗組集葉桶-20L約在第4秒達到平均值，對照組集葉桶-110L在第6秒才達到，以數據而言，縮小集葉桶容量能略為縮短「熱機」時間。

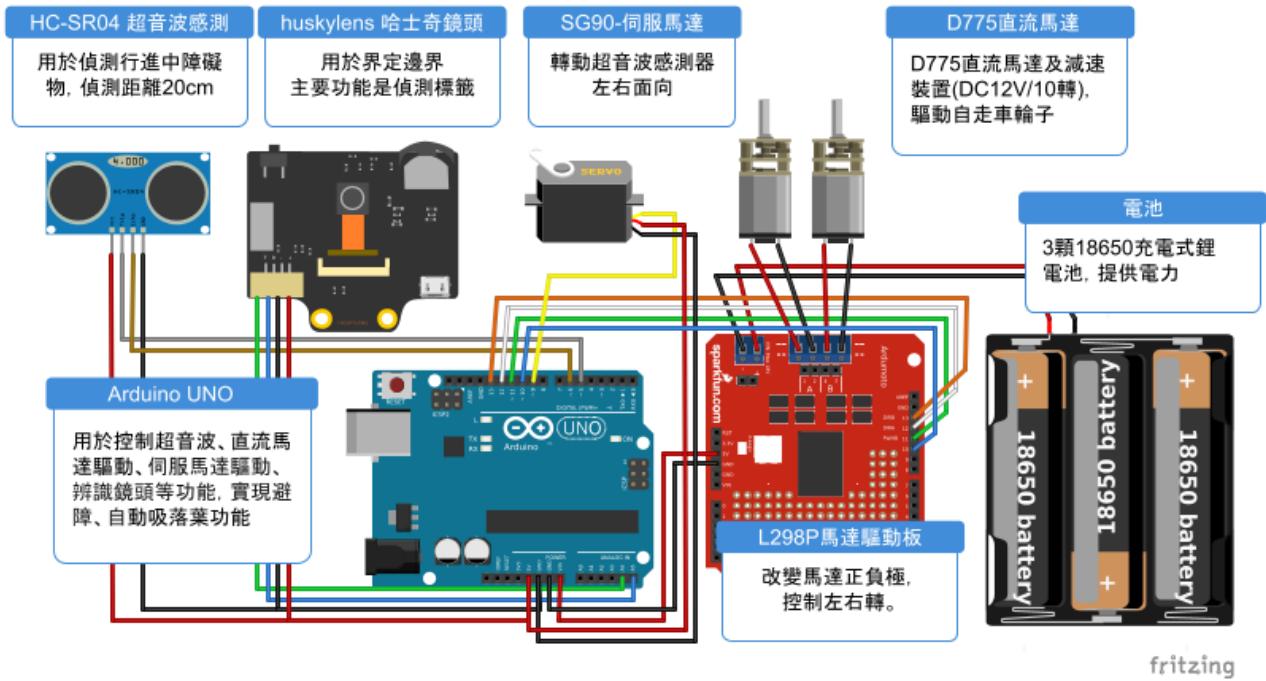
#### 四、自走校園落葉收集機

本研究的自動落葉收集機主要電子元件包含有ArduinoUNO微控制板、SG90-伺服馬達、HC-SR04超音波感測、huskylens哈士奇AI辨識鏡頭、D775直流減速馬達、L298P馬達驅動板、3顆18650充電式鋰電池。車身部分由木板用螺絲釘簡單固定製成開放格式方便修正。其中電子元件的程式設計已在研究過程章節詳細說明，以下針對硬體各項功能整理成表格方便參閱。

		
落葉收集機上方視角(自攝))	ArduinoUNO及驅動板(自攝))	12V散熱風扇(自攝))
		
前方視角與huskylens(自攝))	落葉收集機後方視角(自攝))	D775直流馬達與輪胎(自攝))

項次	元件名稱	研究中使用功能
1	ArduinoUNO微控制板	控制以下各項輸出輸入的感測元件及馬達，可以透過更新程式改變落葉收集機各項數值，是落葉收集機最重要元件。
2	SG90-伺服馬達	控制HC-SR04超音波感測在遇見障礙後面向左前方及右前方45°位置，預設為面向正前方。
3	HC-SR04超音波感測	感測落葉收集機前方障礙，以前方20cm為判斷的臨界值，如小於20cm再偵測左前方及右前方45°位置距離。
4	huskylens哈士奇AI辨識鏡頭	感測落葉收集機前方設置標籤，標籤為預設落葉收集機可到達最遠邊界。
5	D775直流減速馬達	落葉收集機動力輪，負責牽動吸葉管移動
6	L298P馬達驅動板	接收18650鋰電池電力，控制D775直流減速馬達轉速及正反轉，另外將電力供給ArduinoUNO微控制板

7	3顆18650充電式鋰電池	Arduino、電子元件電力來源
8	2顆 9V 電池	風扇用電力源
9	散熱風扇	搭配散熱鰭解決L298P運作時過熱問題

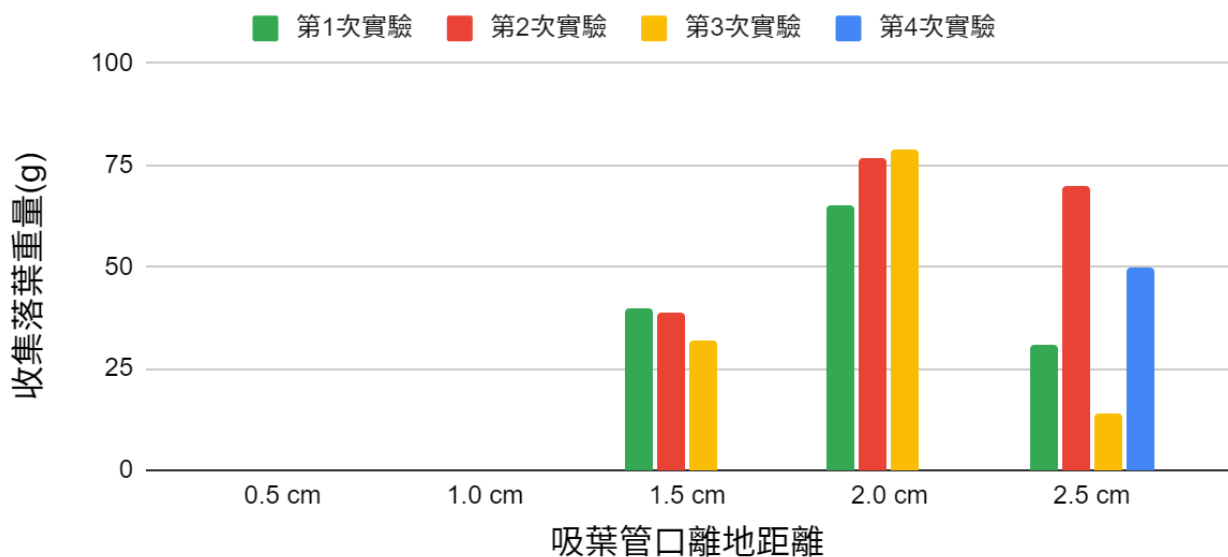


Arduino及所有輸出輸入裝置的硬體配置圖

## 五、吸葉管口距離地面高度對收集落葉影響

落葉收集機進入測試階段，最終我們調整並實驗了自走車吸葉管口距離地面高度，最終距離地面高度2.0cm的實驗組取得了最佳的數據。

### 吸葉管口距離地面高度的實驗

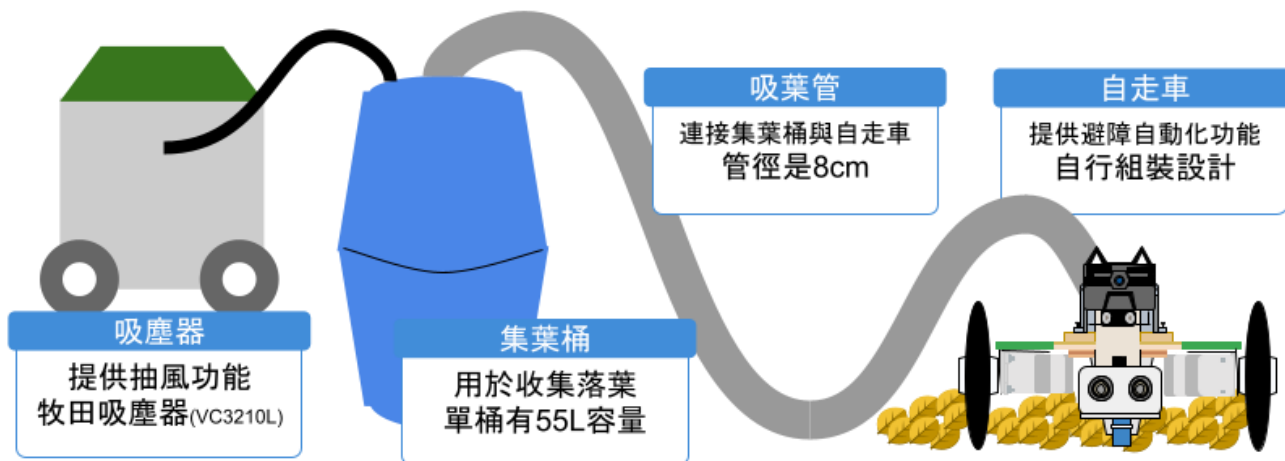


離地距離	0.5 cm	1.0 cm	1.5 cm	2.0 cm	2.5 cm
收集落葉 平均值(g)	無法取得 數據	無法取得 數據	37	73.67 <sup>👑</sup>	數據差異過大 未具有一致性

從實驗的數據和圖表我們觀察到一些現象：

- 距離地面 0.5 cm和距離地面 1.0 cm兩組因為吸力過大被壓扁，因此無法取得數據。
- 距離地面 1.5 cm和距離地面 2.0 cm的實驗組在收集落葉的數據上都相當穩定，距離地面 1.5 cm是穩定將落葉隔絕在外，距離地面 2.0 cm則是穩定的將落葉吸進集葉桶中。
- 距離地面 2.0 cm的實驗組所取得數值接近距離地面 1.5 cm的2倍。
- 距離地面 2.5 cm的三次實驗數據差距過大，於是增加實驗了一次，數據仍然難以達到一致性，不過數據較低的兩次實驗中，都有觀察到落葉卡在吸葉管的入口處，對此我們的解釋是吸葉口距離地面過高導致吸力降低到臨界值，導致無法順利將落葉吸至集葉桶。

## 陸、討論



### 一、提升集葉桶與吸葉管效率

#### (一)最佳吸葉管徑

依據研究過程和觀察，我們得出最佳落葉收集桶吸葉管徑是8cm，再大的9cm管徑雖然有較大空間讓落葉通過，但是在相同吸力下，吸葉口通過的風速較低，會導致落葉卡住吸葉管，8cm管徑以下的7cm、6cm則是管徑不夠寬敞，即便風速較高仍會導致落葉卡住、5cm、4cm則是管徑太小，落葉連入口都進不去。

#### (二)管徑與風速的關係

因此在同樣的吸力下，實驗數據顯示管徑和風速是反比關係，但是風速值高不等同吸葉順暢，仍需要考量實際葉片的大小，挑選足夠管徑的吸葉管，才能達到有效的吸葉效果。管徑8cm吸葉管口風速在前一章實驗中順暢吸葉的平均值約18.487MPH，因此我們

可以合理假定，在本研究環境的條件下只要吸葉管入口風速達到19MPH以上即可穩定吸葉。

### (三)優秀但是不好用的旋風設計

旋風設計的實驗結論，與管徑風速實驗相同，風速固然是重要考量條件，但是樹葉不卡管比起風速的高低更重要，不採用旋風設計就能順暢吸葉。

### (四)集葉桶容量應依需求調整

縮小集葉桶容量(20L)有助於提高吸葉管管口風速(平均約23MPH)，達到更好的吸力效果，同時可以略為減少落葉收集機的熱機時間(由6秒減至4秒)，同時具備兩大優點。不過實際應用上採用大容量集葉桶(110L)可以裝載更多落葉，清掃量較大時就顯得重要，因此在容量的選擇上可以依需求調整。

### (五)最佳自走車吸葉管口離地距離

自走車吸葉管口距離地面短可擁有強勁吸力，相對的是將落葉隔離在吸葉管外，如若距離地面較長可接納所有落葉，但相對的造成吸力不足，無法將落葉吸回集葉桶。2.0 cm就是兼具吸力和接納落葉的最佳離地高度。

## 二、吸葉管連接自走車的優勢

自走車連接比自己還要重的吸葉管(PVC工業吸塵管)是本研究後期的大挑戰，首先是吸葉管和車身需要不同步轉動，接著需要克服延長吸葉管過重的問題。前面的兩個問題雖然都如願解決，但是回顧一下我們研究最開端的市售產品型態搜尋，就可以理解本研究需要克服的問題相對較多，因此也較少有人投入設計研究。

相對的，本研究設計優勢在於自走車不需要在車身上搭載整個抽風設備和集葉桶，拖動吸葉管也僅僅需要12V的鋰電池就可以辦到，輕量化的自走車便可以達到類似掃地機器人的功能。對比市售動輒數十萬新台幣的自動落葉收集產品，本研究設計的成本相對低廉，相關的零件和材料取得容易，可複製性、可擴充性都是本研究設計的優勢。隨著科技的進步，自走落葉收集機價格會越來越便宜，並且有更多智慧功能加入。

## 柒、結論

### 一、本研究自走校園落葉收集機的優缺點

本研究以ArduinoUNO作為自走車控制中心，外接集葉桶及吸塵設備，經實驗研究後取得最佳數據，並實作出自走校園落葉收集機，以下列出本研究作品各項優缺點：

#### (一) 優點

1. 本研究自走落葉收集機配備有強大的馬達和有效的收集系統，能夠快速而有效地清理大面積的落葉，可以輕鬆吸取樹葉、枯枝、垃圾等，並將其收集到集葉桶中，適合用於大型的公共場所或樹木稀疏的平面區域。
2. 相對於學生勞力清理，本研究自走校園落葉收集機可以大幅節省勞力和時間，對於課業繁忙的學生族群特別有用。
3. 市售自走落葉收集機的購買成本較高，對於個人或小型機構而言可能負擔較重。本研究自走落葉收集機雖然包含較多的機械部件和動力系統，需要維護和保養，但是使用成本和維護負擔仍相對低廉。

#### (二) 缺點

1. 本研究自走落葉收集機的吸葉管體積大、佔用空間大，以本研究設計還無法應對複雜的地形或狹窄的空間，目前設計適用於大面積平面空間落葉清理。
2. 本研究自走落葉收集機為求馬力充足，使用噪音較大的吸塵器，因此在使用時可能會造成聽覺不適。

### 二、自走校園落葉收集機的未來展望

經過我們的研究，落葉收集機已初具雛形，隨著科技的進步，自走落葉收集機價格會越來越便宜，並普及到校園環境清理。我們認為還可以從以下出發點讓落葉收集機更加完美：

#### 1. 導入AI技術

自走落葉收集機可以引入機器學習和AI技術，自動識別落葉、枯枝、垃圾等不同類型的物體，並將其分類收集到不同的儲物箱中，提高自走落葉收集機的工作效率，並減少人力工作的成本。引入AI技術同時讓機器能夠更好地適應不同的地形和環境，提高清理效率和準確度。

2. 自走落葉收集機可以配備太陽能電池板或其他可再生能源供電系統，吸塵設備進階成直流馬達可以達到更輕量的設計結果，也可減輕噪音問題。
3. 自走落葉收集機可以配備遙控器或語音控制系統，用戶可以通過遙控器或語音指令控制自走落葉收集機的運行，更加人性化。

## 捌、參考文獻資料

- 落葉終結者-自製掃落葉機. (n.d.). 臺灣網路科教館. Retrieved April 5, 2023, from <https://www.nts.ec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=136&a=6822&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=26&sid=19923>
- 友茂五金工具公司. (n.d.). 美國BILLY GOAT 引擎吸葉機. Retrieved April 7, 2024, from <https://www.06-2018889.com/product-detail-2953502.html>
- 淘寶- 沃達家居專營店. (n.d.). MEDAS電動吹吸機. Retrieved March 7, 2024, from <https://world.taobao.com/item/520165474297.htm?spm=a21wu.24554011-tw.sales-list.1.43ac38ee0HWuvN>
- yahoo!拍賣-Y0681006096. (n.d.). 吸葉機樹葉收集器手推式自走式小區物業環衛落葉落葉清掃車最新款. Retrieved March 7, 2024, from [https://tw.bid.yahoo.com/item/101472753696?guccounter=1&guce\\_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce\\_referrer\\_sig=AQAAAG8KKZuDCGCAwKwp-JogMXfmupLWT90AGaUy7Y877pD3pJjU8-hrCvyZ1zpZ\\_wXW1vQH-Tj6nRPH7GMvR0\\_xZtDvQZG0oUGQEkNZ2fC8eQcx2yLWsrM4FNXhMK1ZUpZObvpP](https://tw.bid.yahoo.com/item/101472753696?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAG8KKZuDCGCAwKwp-JogMXfmupLWT90AGaUy7Y877pD3pJjU8-hrCvyZ1zpZ_wXW1vQH-Tj6nRPH7GMvR0_xZtDvQZG0oUGQEkNZ2fC8eQcx2yLWsrM4FNXhMK1ZUpZObvpP)
- Notap, C. (2019). How to make a simple cyclone dust collector [Video]. In YouTube. How to Make Simple Cyclone Dust Collector
- PVC工業吸塵管木工雕刻機除塵管道伸縮透明風管塑料波紋軟管 - 松果購物. (n.d.). 松果購物. Retrieved April 20, 2024, from <https://www.pcone.com.tw/product/info/220225500684>
- 飊機器人\_科技教育應用團隊. (n.d.). 風速器模組(Wind sensor rev. C). Retrieved April 11, 2024, from <https://shop.playrobot.com/products/sensor-dg0753>
- moderndevice. (n.d.). moderndevice/Wind\_Sensor: Documents and Arduino Code for using the Modern Device Wind Sensor. GitHub. Retrieved March 11, 2024, from [https://github.com/moderndevic/Wind\\_Sensor](https://github.com/moderndevic/Wind_Sensor)
- Print, L. (2020). 3D printed bearings - Are these real things? (Building and testing) [Video]. In YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=xg\\_iOEb2M00](https://www.youtube.com/watch?v=xg_iOEb2M00)
- Thingiverse.com. (n.d.). Slew Bearing, parametric Design with Fusion 360 by TheGoofy. Thingiverse. Retrieved April 15, 2024, from <https://www.thingiverse.com/thing:2375124>

## 【評語】 082823

在這份作品中，同學們設計開發了一款自動吸取校園落葉的機器人。

主要研究內容包括：

1. 設計並優化落葉收集桶
2. 研究吸葉管徑大小與風速的關係
3. 開發 Arduino 自走車控制系統

研究結果顯示，最佳落葉收集桶吸葉管徑是 8cm，吸葉管口風速應高於 19mph，吸葉管口離地面最佳高度為 2cm。自走車能實現避障和邊界識別功能。這份作品展現了同學們出色的動手能力和解決問題的能力。實驗設計與變因考量與討論完整，具有科學價值，值得鼓勵。同學們不僅進行了系統性的實驗設計和數據分析，還成功將理論付諸實踐，製作出自走車原型，並整合落葉收集桶和自走控制系統，這個系統具有實用價值，且有潛力應用於校園環境清潔。

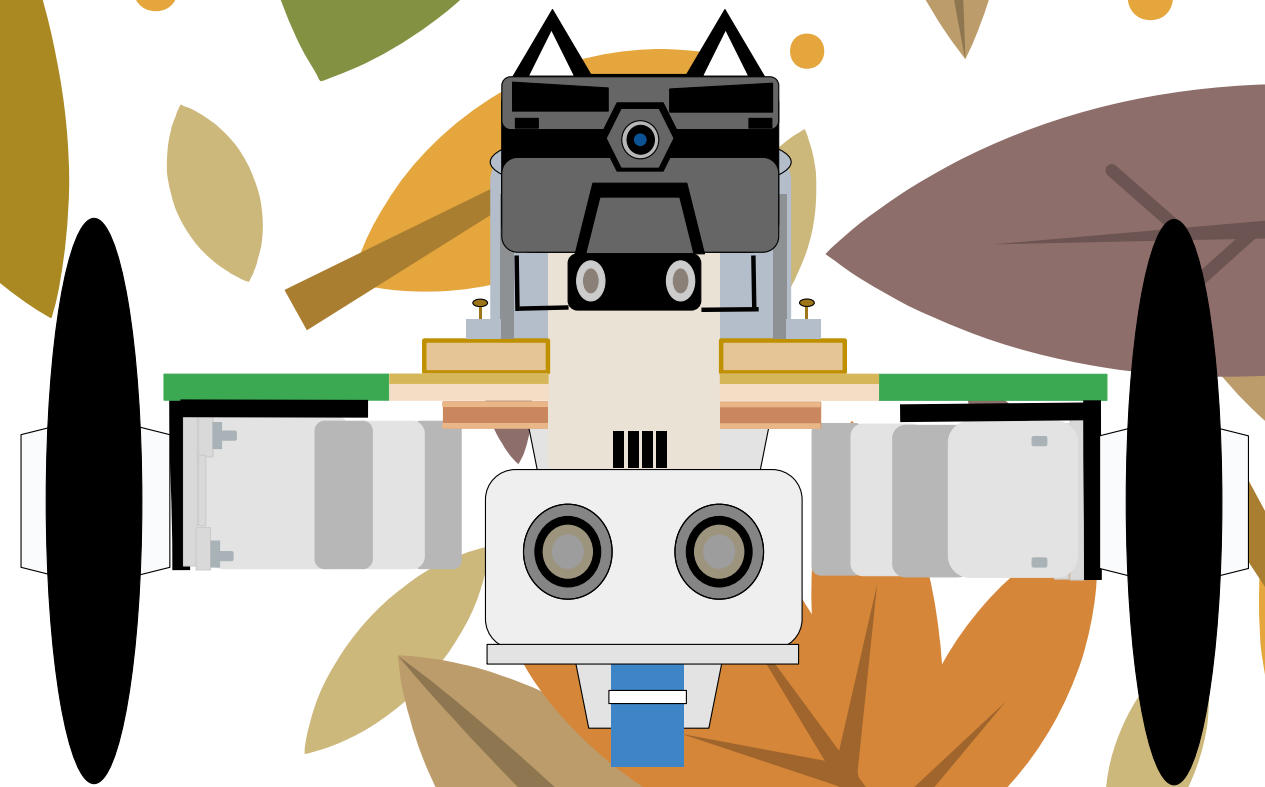
掃落葉的主題在過去全國科展中常見，建議作者可加強與過去作品比較，及此作品具有的優勢。



## 作品簡報

疾風吸落葉

自走校園落葉收集機



# 研究動機

落葉堆積在校園內，容易滋生細菌和蚊蟲，影響校園環境的衛生、美觀。清掃落葉可以保持校園環境的清潔，但是到了秋冬季，落葉量會增加2到3倍之多，清掃工作量大增，本來就不輕鬆的工作更是雪上加霜。

# 研究目的

本研究目的開發一款能夠自動掃落葉的類掃地機器人。提高清掃效率，降低清掃時間、人力工作，幫助學生族群專注在學校學習。

01

研究市售的掃地機產品作為參考，再構想如何實踐目的。



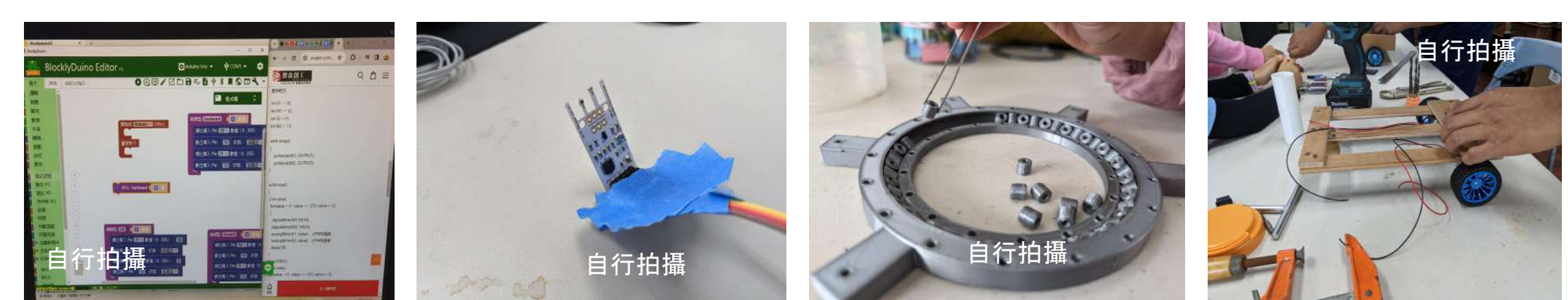
02

研究如何用吸取的方式收集落葉，並找出最有效率收集落葉方法。



03

研究如何結合電子元件並撰寫程式達到避障、偵測邊界的掃地機功能。



04

結合落葉收集桶和自走控制製成-自走校園落葉收集機



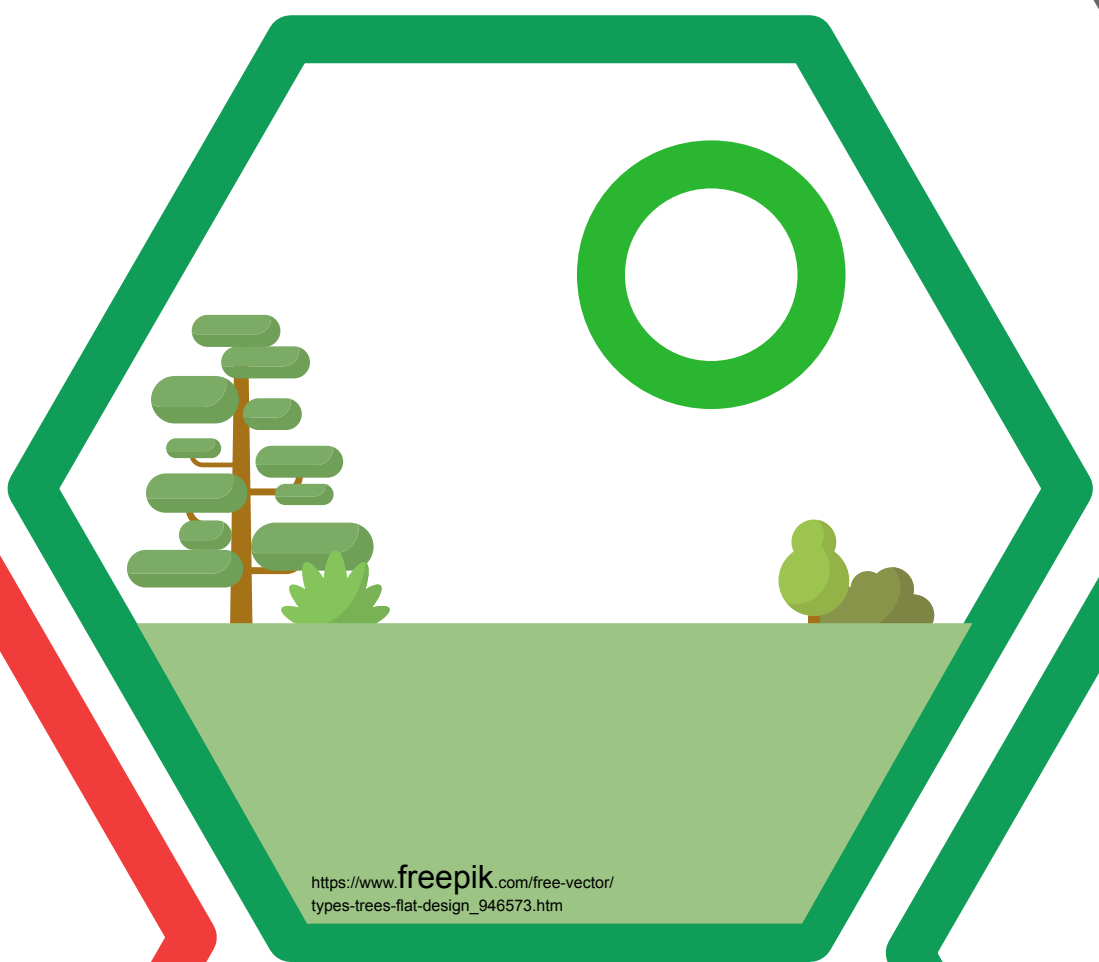
因此在同樣的吸力下，管徑和風速雖然是反比關係，但仍需考量葉片大小，才能達到有效吸葉效果。管徑8cm吸葉管在實驗中順暢吸葉平均值約18.487MPH，因此假定，在本研究環境的條件下吸葉管入口風速達到19MPH以上即可穩定吸葉。

對比市售數十萬新台幣的自動落葉收集產品，本研究設計優勢在於輕量化的設計，成本相對低廉，且具備可複製性、可擴充性是本研究設計的優勢。隨著科技的進步，價格會越來越便宜，並且有更多智慧功能加入。

# 研究結論



自走落葉機的吸葉管體積大，且佔空間，所以還無法應對複雜的地形或狹窄的空間。



本研究自走落葉收集機能夠快速而有效地清理大面積的落葉，並將其收集到集葉桶中，適合用於大型的公共場所或樹木稀疏的平面區域。



相對於學生勞力清理，本研究自走校園落葉收集機可以大幅節省勞力和時間，對於課業繁忙的學生族群特別有用。



網路上的落葉收集機成本高，本次研究自走落葉機雖然包含較多的機械部件和動力系統，需要的維護和保養，但所需成本仍較低。



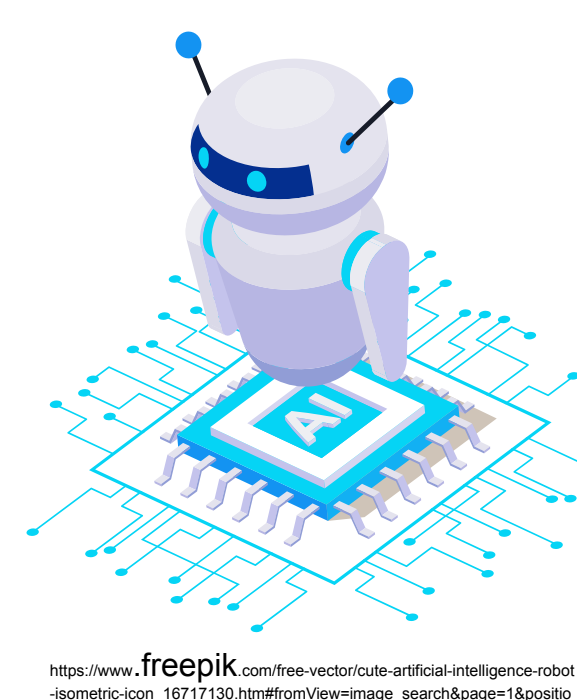
自走落葉收集機的噪音較大，因此在使用時可能會造成聽覺不適

# 未來展望

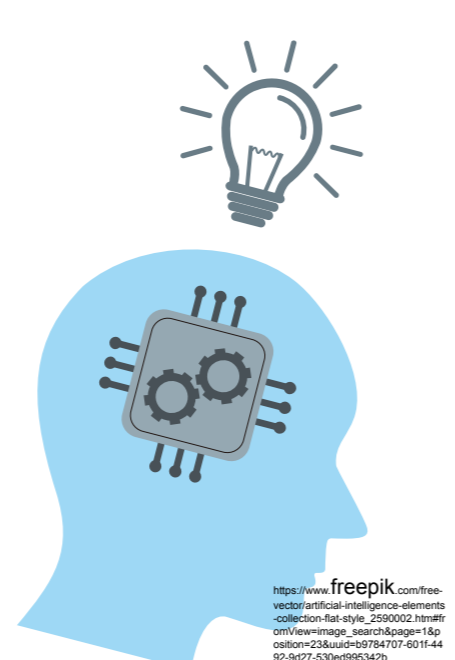
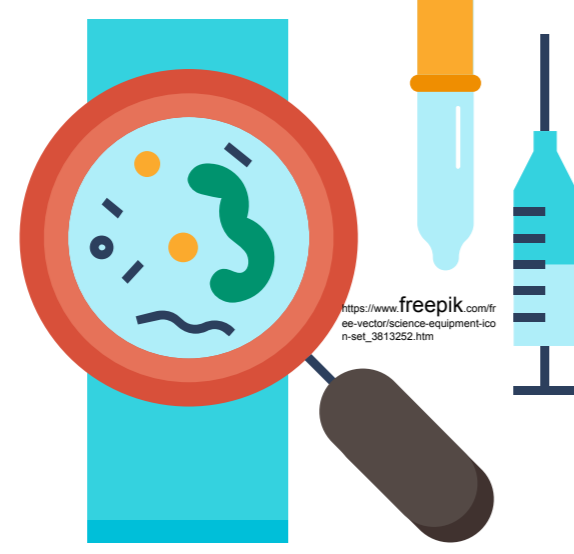
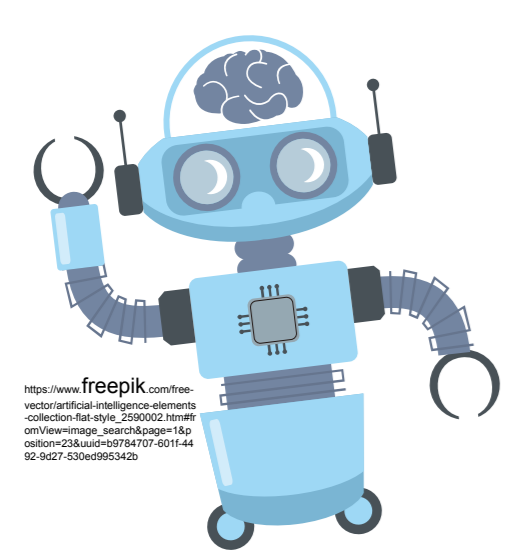
自走落葉收集機可以配置太陽能 and 可再生能源供電系統等，吸塵器也能改成直流馬達，不僅可以達到輕量的結果，還可以減輕噪音問題。



自走落葉收集機若配備遙控器或語音控制系統，使用者可用遙控器或語音控制自走落葉收集機的運作，更容易操作。



加入AI，讓自走落葉收集機可以自動分別落葉、樹枝、垃圾，以便吸取落葉，並且減少人力成本。加入AI後也可讓機器在較陡峭的地方行走。



# 研究數據

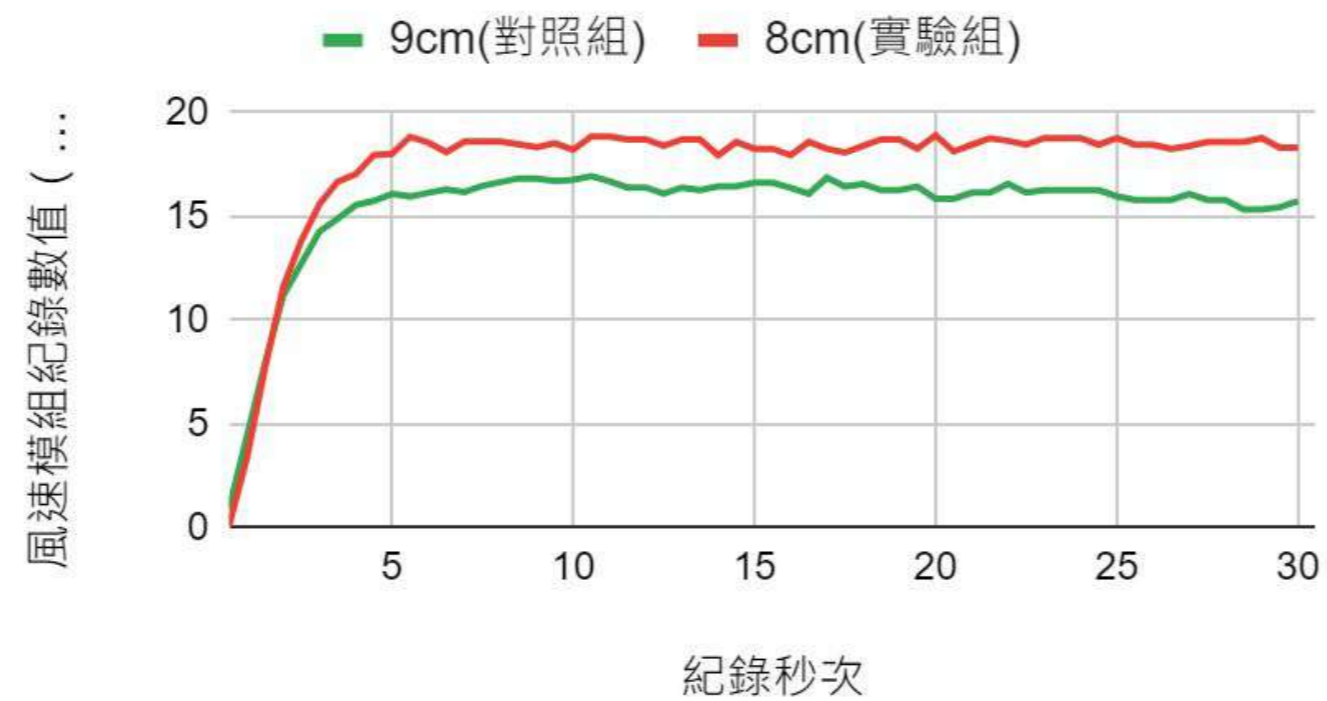


## 01

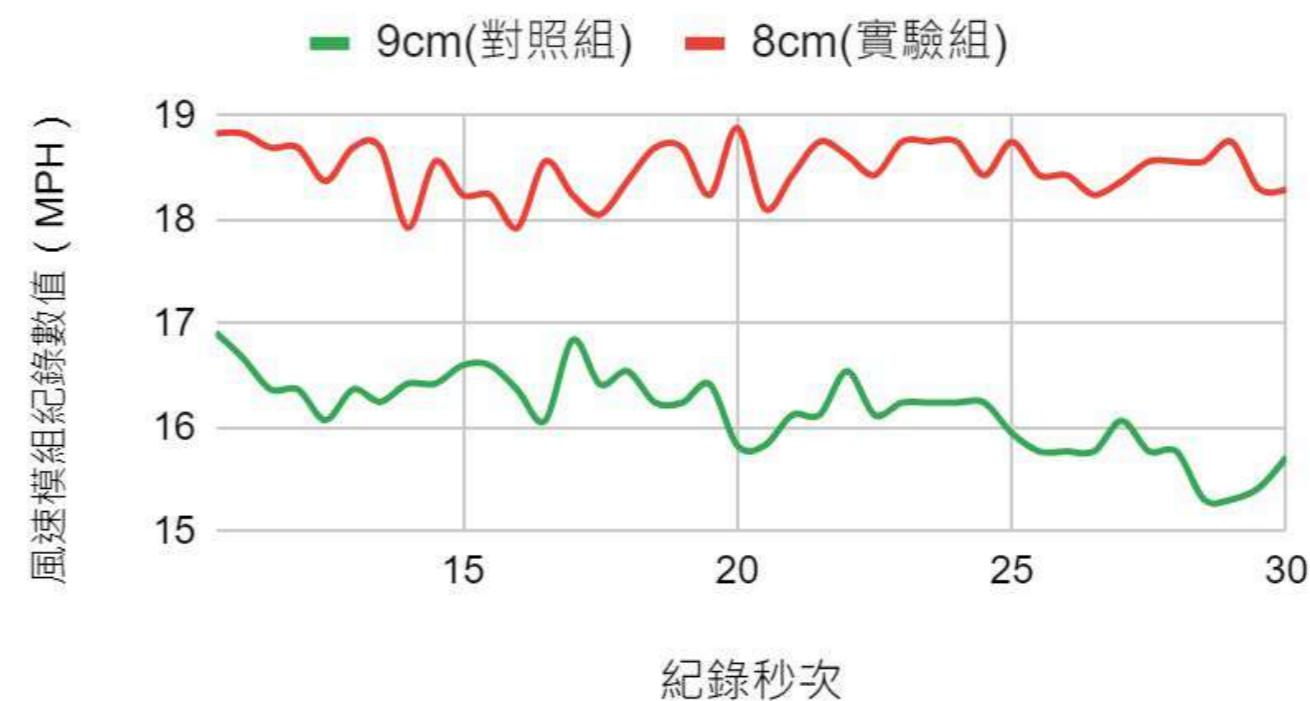
### 落葉集塵桶的吸葉管徑大小與風速的實驗

組別	實驗變項	控制變項
對照組	9cm管徑吸葉管	<ul style="list-style-type: none"> <li>固定吸塵器功率</li> <li>固定集葉桶容量為110L</li> </ul>
實驗組	8cm管徑吸葉管	<ul style="list-style-type: none"> <li>arduino搭配風速器模組設置於吸葉管入口</li> <li>從吸塵器開啟為起始時間計算30秒</li> <li>每500毫秒讀取一次數據</li> </ul>

落葉集塵桶的吸葉管徑大小與風速的實驗



落葉集塵桶的吸葉管徑大小與風速的實驗



我們觀察到電源啟動後約10秒(計次數20)風速漸趨穩定,於是我們取計次21到計次60的數據另外做折線圖,可以觀察到8cm管徑吸葉管的實驗組優於9cm管徑吸葉管對照組,這個區間兩組的平均值分別是實驗組18.487mph,對照組16.157mph。

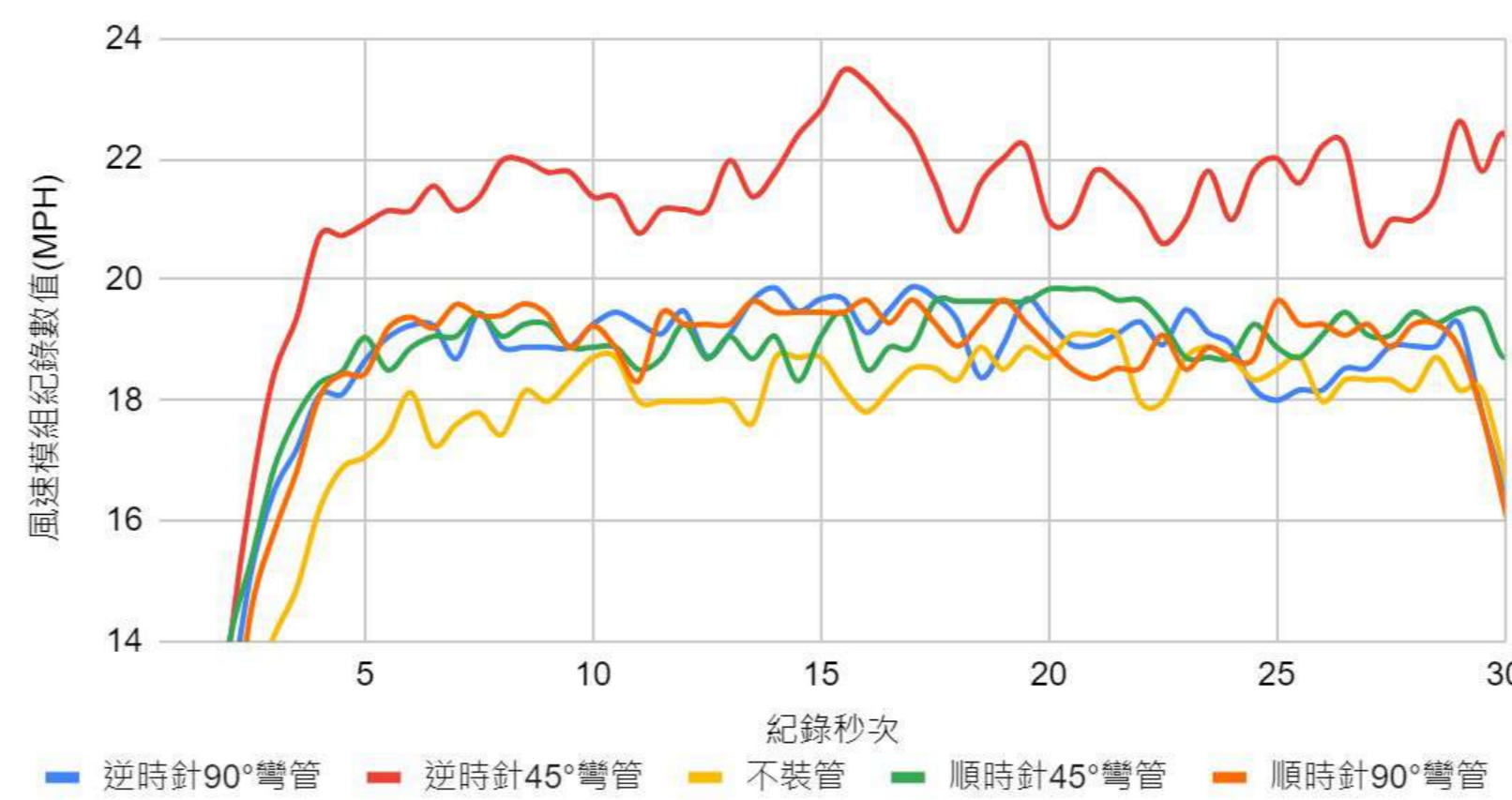
依據研究過程和觀察,我們得出最佳落葉收集桶吸葉管徑是8cm,再大的9cm管徑雖然有較大空間讓落葉通過,但是風速較低,會卡住吸葉管,7cm、6cm、5cm、4cm管徑太小,樹葉容易堵塞在管內。

## 02

### 集葉桶旋風設計的實驗

組別	實驗變項	控制變項
實驗組	逆時針安裝 90°彎管	固定吸塵器功率
實驗組	逆時針安裝 45°彎管	吸葉管直徑寬度為8cm
對照組	不裝管	固定集葉桶容量為110L
實驗組	順時針安裝 45°彎管	arduino搭配風速器模組設置於吸葉管入口
實驗組	順時針安裝 90°彎管	從吸塵器開啟為起始時間 計算30秒 每500毫秒讀取一次數據

集葉桶旋風設計的實驗



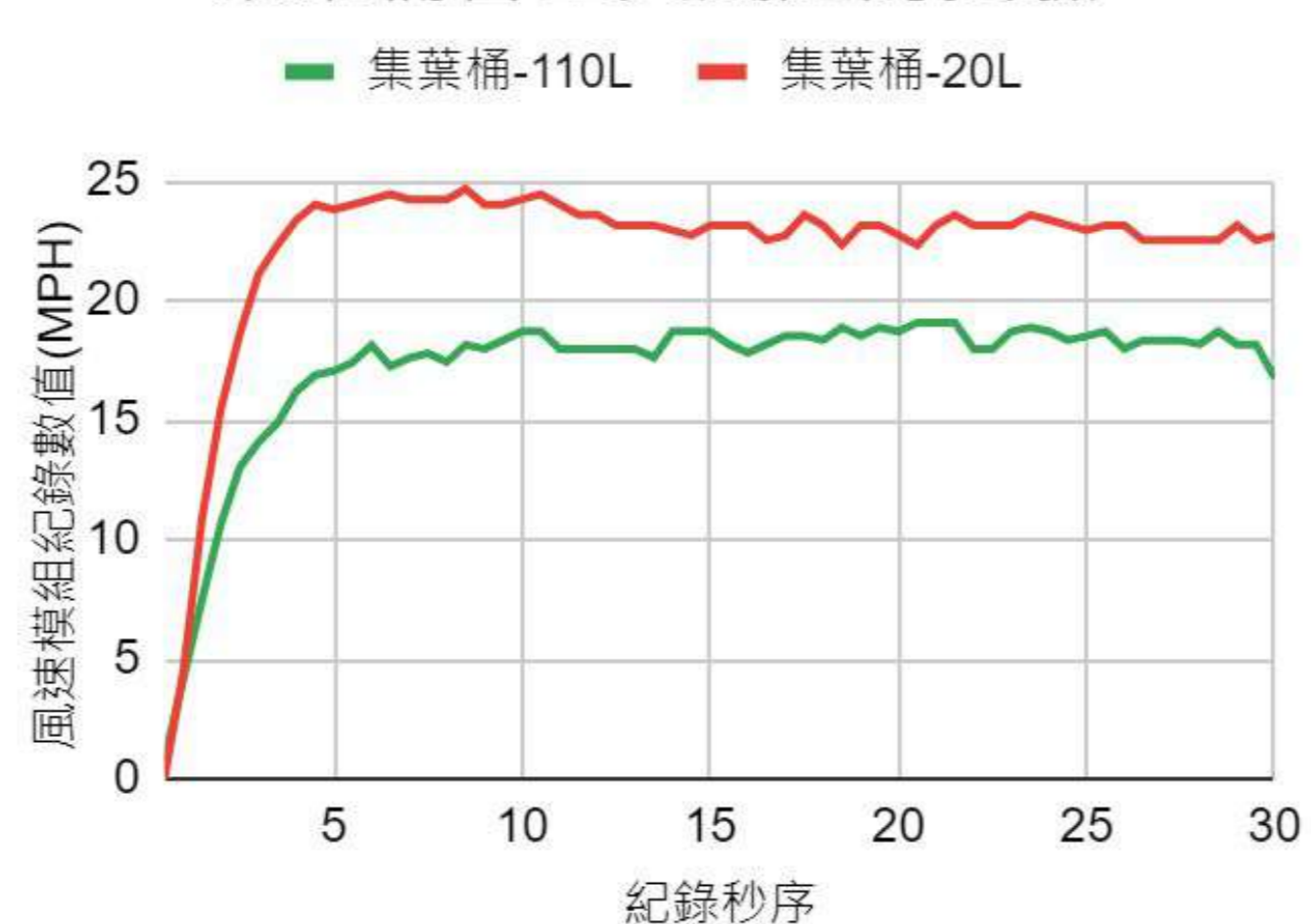
我們觀察到電源啟動後約10秒後風速漸趨穩定,於是我們取計次21到計次60的數據另外做折線圖,可以觀察到逆時針90°彎管、不裝管、順時針45°彎管、順時針90°彎管在風速的數據都相當接近難以區分勝負,唯獨逆時針45°彎管一路領先。在同樣的吸力下,管徑和風速雖然是反比關係,但是風速值高不同吸葉順暢,仍需要考量實際葉片的大小,挑選足夠管徑的吸葉管,才能達到有效的吸葉效果。

## 03

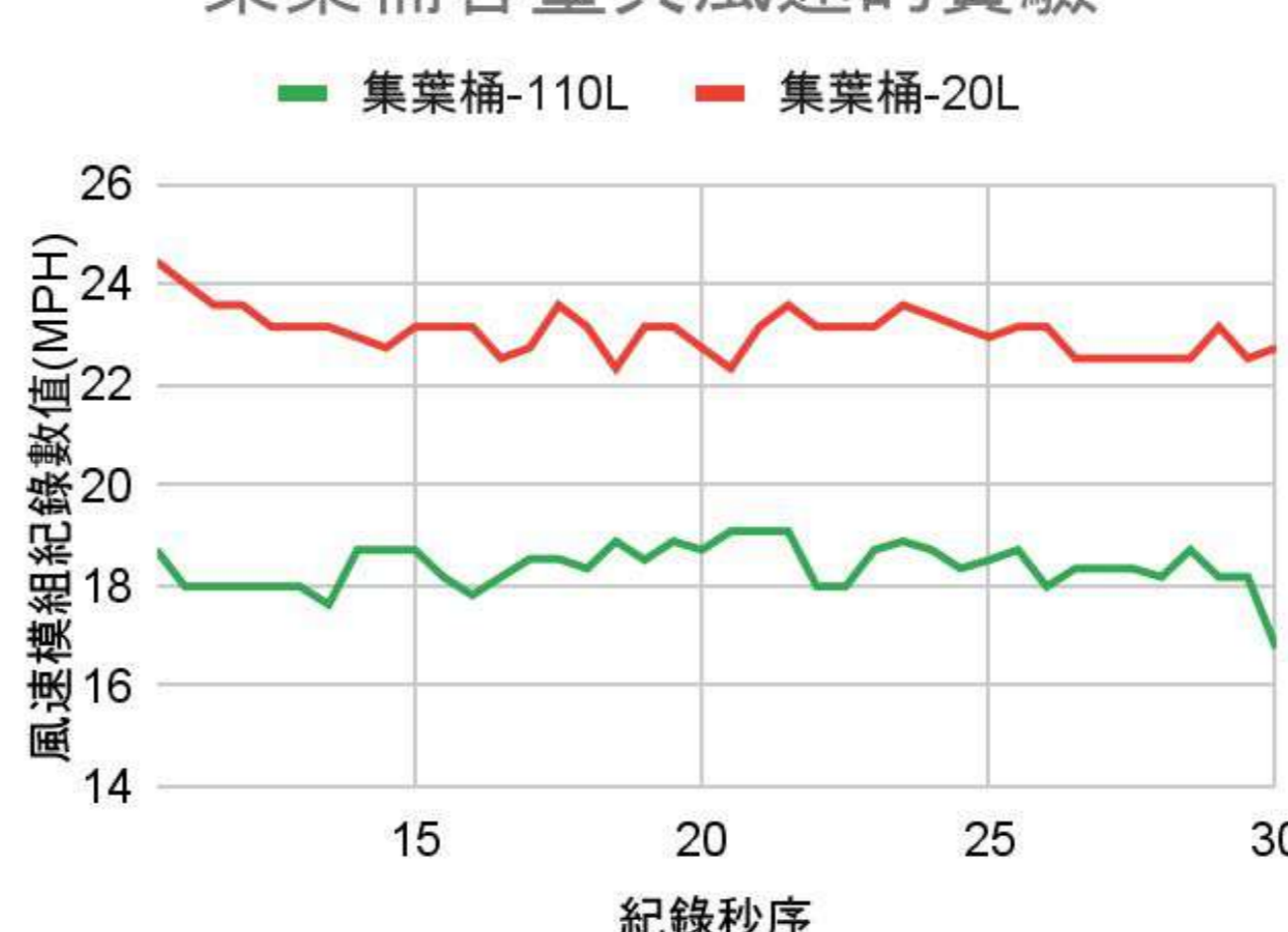
### 集葉桶容量對風速的實驗

組別	實驗變項	控制變項
對照組	集葉桶-110L	固定吸塵器功率
實驗組	集葉桶-20L	吸葉管直徑寬度為8cm
實驗組	集葉桶-20L	arduino搭配風速器模組設置於吸葉管入口
實驗組	集葉桶-20L	從吸塵器開啟為起始時間 計算30秒 每500毫秒讀取一次數據

集葉桶容量與風速的實驗



集葉桶容量與風速的實驗



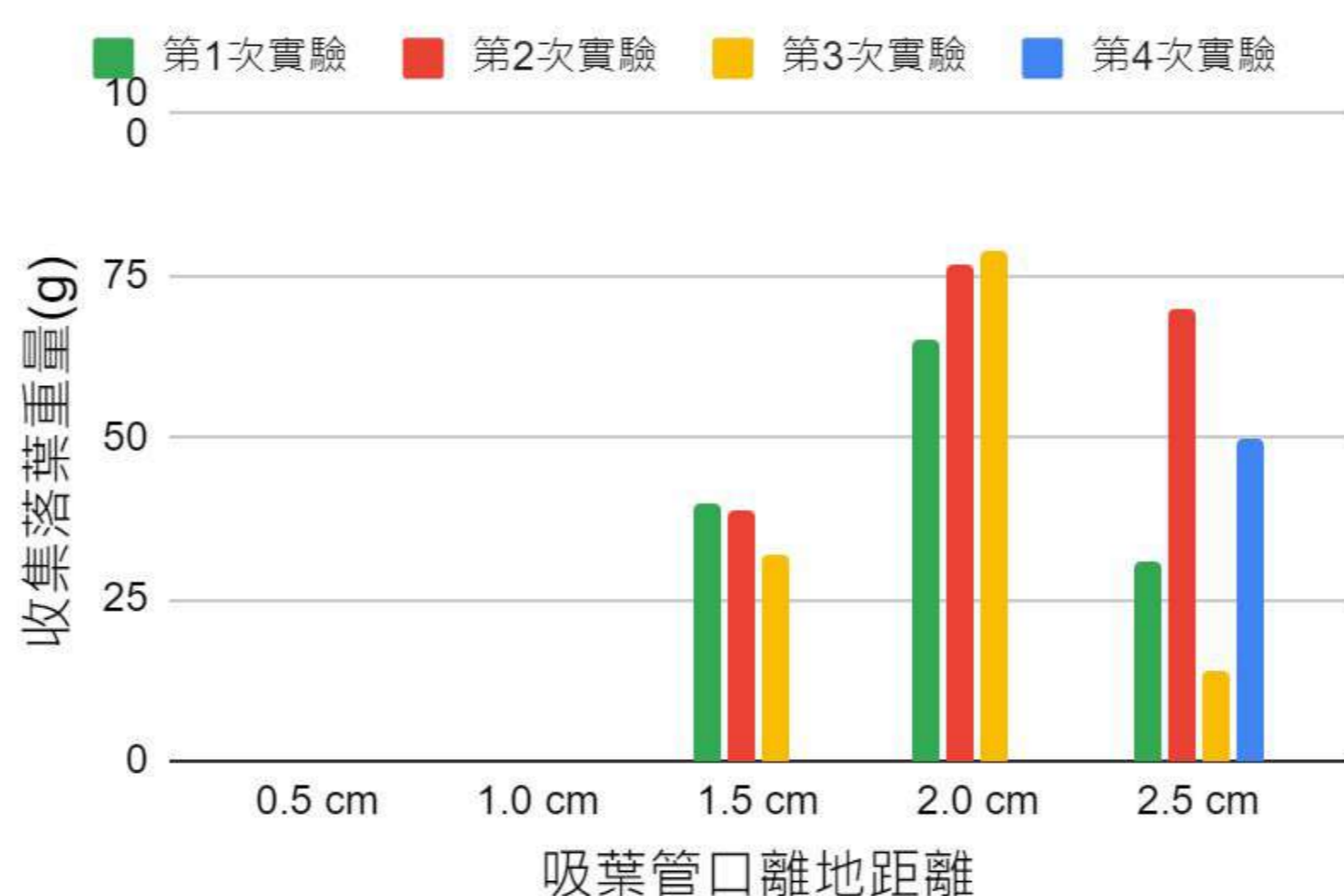
我們將達到高原值10秒到30秒間的數據平均得到下表數據,對照組的集葉桶-110L風速平均值為18.373mph,實驗組集葉桶-20L風速23.059mph,明顯高出近20%,若以數據來說算是相當大的差距。

## 04

### 吸葉管口距離地面高度的實驗

組別	實驗變項	控制變項
對照組	距離地面 0.5 cm	固定吸塵器功率
實驗組	距離地面 1.0 cm	吸葉管直徑寬度為8cm
實驗組	距離地面 1.5 cm	固定集葉桶容量為20L
實驗組	距離地面 2.0 cm	落葉自走車直線前進
實驗組	距離地面 2.5 cm	落葉實驗面積為2m、寬度30cm,重量100g
實驗組	距離地面 2.5 cm	採用相同塑膠杯作為吸葉管口材料

吸葉管口距離地面高度的實驗



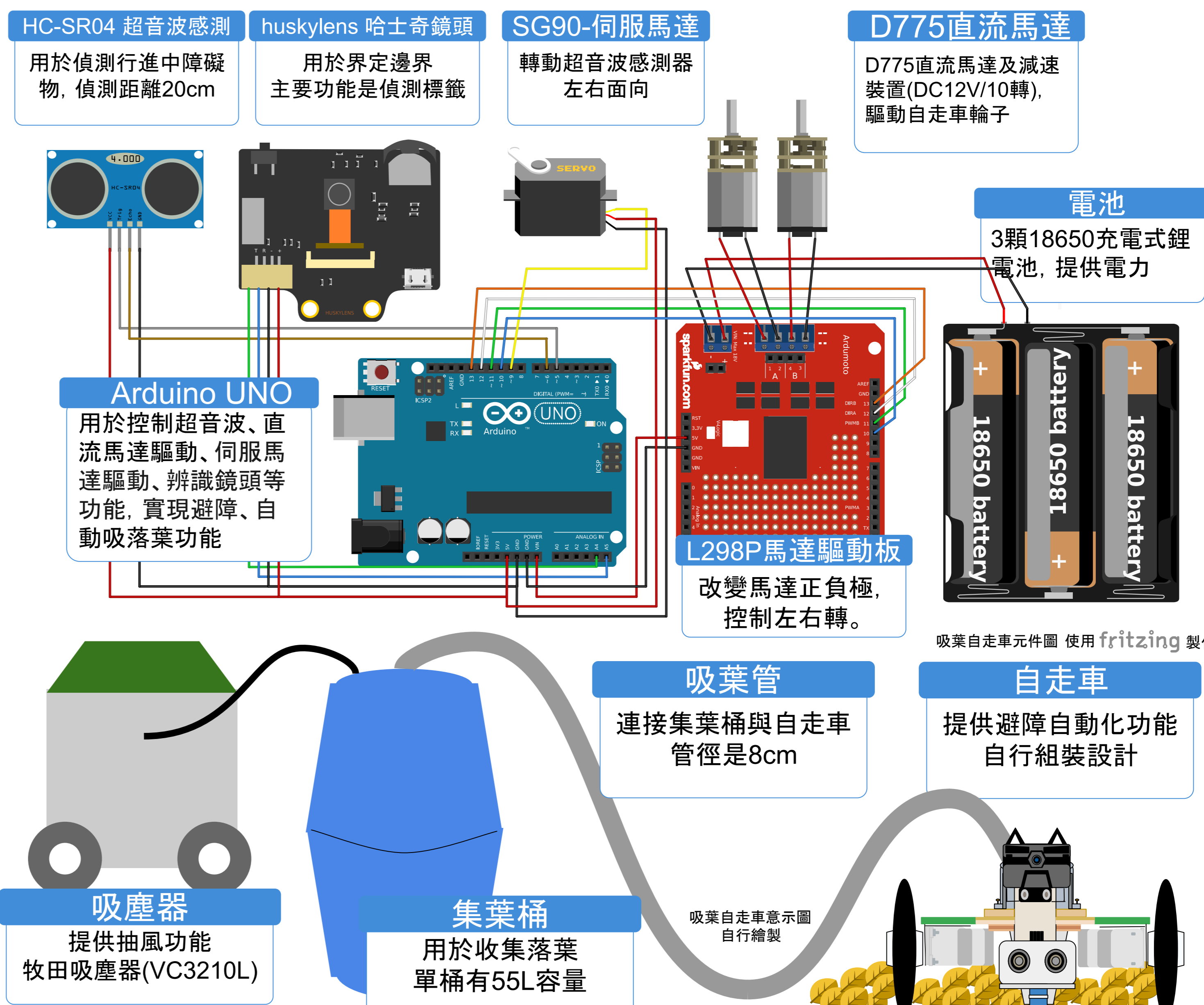
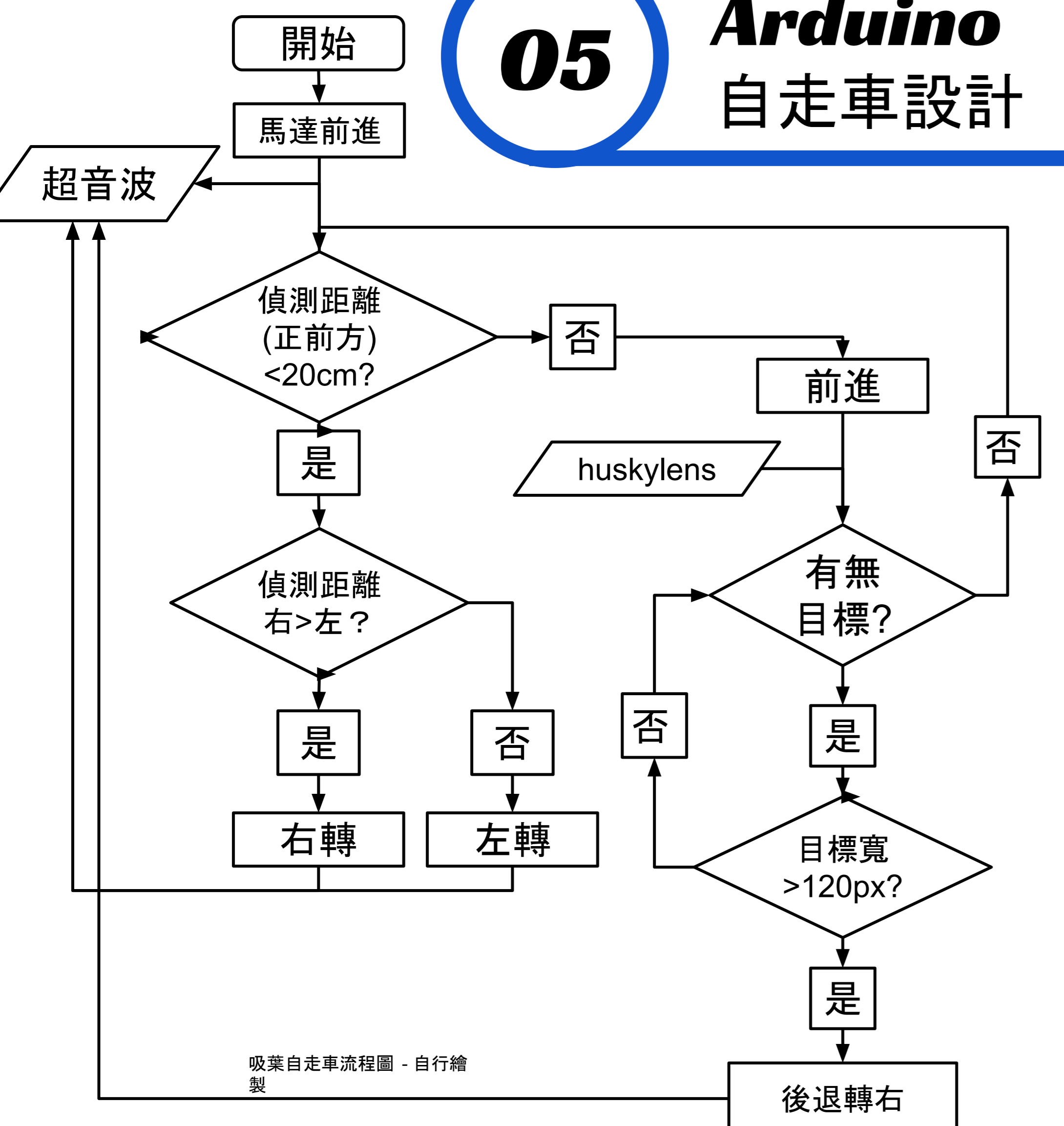
距離地面 0.5 cm和距離地面 1.0 cm兩組因為吸力過大被壓扁,因此無法取得數據。

距離地面 1.5 cm和距離地面 2.0 cm的實驗組在收集落葉的數據上都相當穩定,距離地面 1.5 cm是穩定將落葉隔絕在外,距離地面 2.0 cm則是穩定的將落葉吸進集葉桶中。

距離地面 2.0 cm的實驗組所取得數值接近距離地面 1.5 cm的2倍。距離地面 2.5 cm的三次實驗數據差距過大,於是增加實驗了一次,數據仍然難以達到一致性,不過數據較低的兩次實驗中,都有觀察到落葉卡在吸葉管的入口處,對此我們的解釋是吸葉口距離地面過高導致吸力降低到臨界值,導致無法順利將落葉吸至集葉桶。

## 05

### Arduino 自走車設計



# 校園落葉環境探索與集葉桶設計

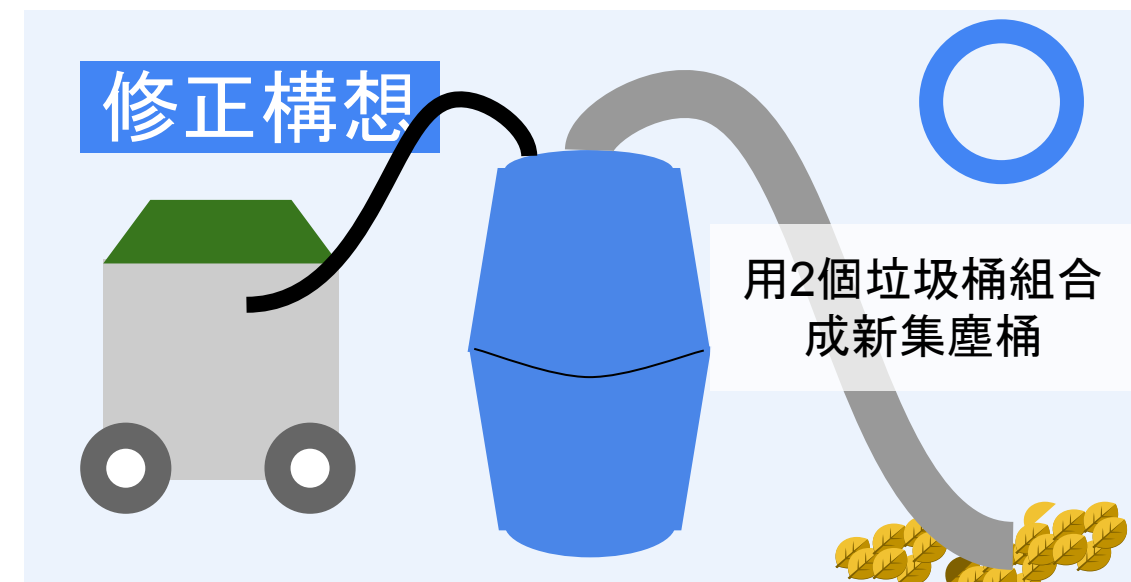
## 01



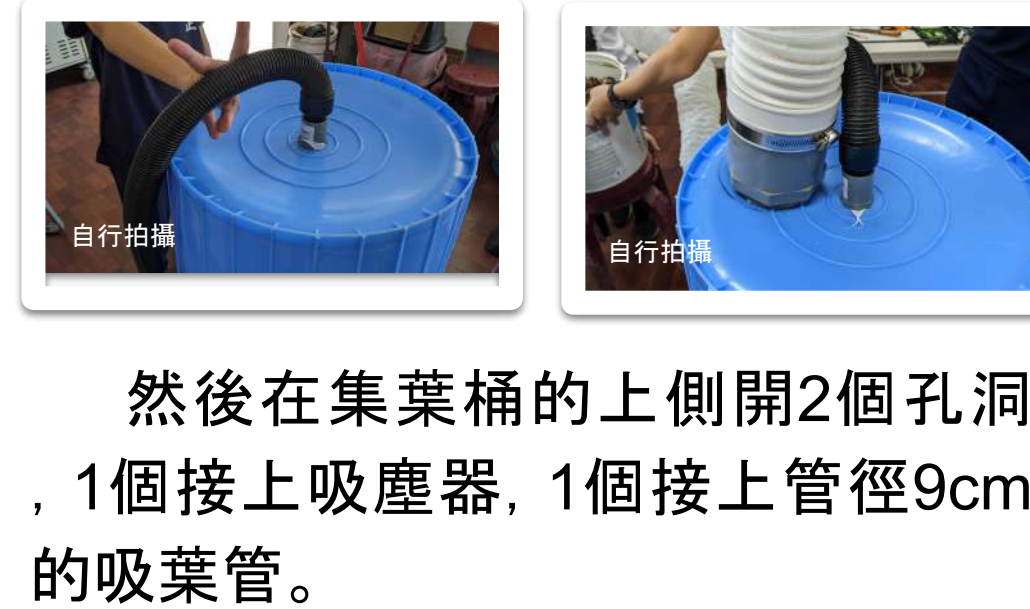
### 如何加大吸塵器的口徑讓落葉可以順利被吸塵器吸入？



我們先探索學校落葉區調查落葉的現況，蒐集落葉後我們觀察到落葉的大小約5公分左右，於是嘗試先用學校現有的吸塵器測試，結果是落葉直接就卡在吸塵器吸管的洞口。



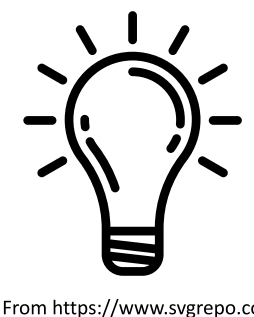
我們用2個垃圾桶作為新集塵桶替代原本吸塵器的集塵桶。我們先在垃圾桶的桶口上黏上泡棉，完成黏合後將2個垃圾桶口相對蓋緊。



然後在集葉桶的上側開2個孔洞，1個接上吸塵器，1個接上管徑9cm的吸葉管。



我們又面臨了一個新問題：葉子有吸進管子，但是吸葉的過程只要有地方卡住後就會開始回堵直到卡在吸葉管口。



From <https://www.svgrepo.com/svg/490593/bulb-light>  
Vectors and icons by [300 Icons](https://www.svgrepo.com/)

# 吸葉管徑大小與風速的研究

## 02

完成落葉集塵桶設計工作後，我們開始思考是不是還有其他的變項影響，像是吸塵器本身的運作功率、吸葉管徑的大小以及被管徑大小影響的風速。



### 如果縮小吸葉管管徑可以增加風速，風速增加能否改善卡住吸葉管的問題？

於是我們以9cm管徑吸葉管作為對照組，尺寸更小的8cm管徑吸葉管作為實驗組來做比較。採用arduino搭配風速器模組作為偵測數值的工具。



經過實驗後我們將風速器模組所取得數據記在google試算表上，比較後果然得出我們猜測的結果：吸葉管徑大小和風速大小成反比。而且比起9cm管徑會卡住葉子，8cm管徑吸葉管能順暢吸入葉子。



### 縮小吸葉管管徑可以增加風速，再繼續縮小管徑吸葉效率會不會更好？

於是再用更小的7cm、6cm、5cm、4cm管徑作實驗組、8cm管徑作對照組，我們預測管徑越小、風速越大達到更好吸葉效率，實驗結果推翻了預測。



6cm和7cm管徑可吸進落葉，但是卡在吸葉管中間，5cm、4cm則是入口太小導致連入口都進不去。

實驗後確定8cm的吸葉管可以達到足夠的吸力，且管徑寬度夠大可以容納樹葉通過，因此8cm的吸葉管將作為我們後續研究的固定變項。

# 集葉桶旋風設計

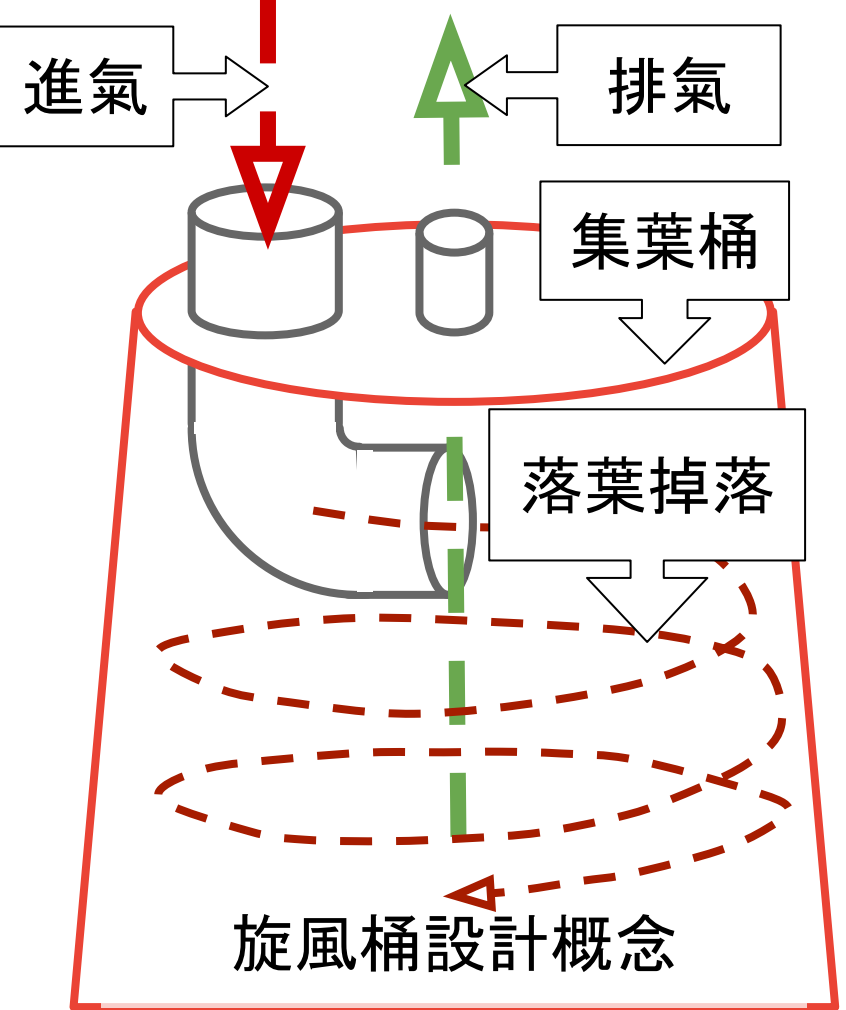
## 03



### 加裝了旋風設計能否讓集葉桶內的進氣風速增加？

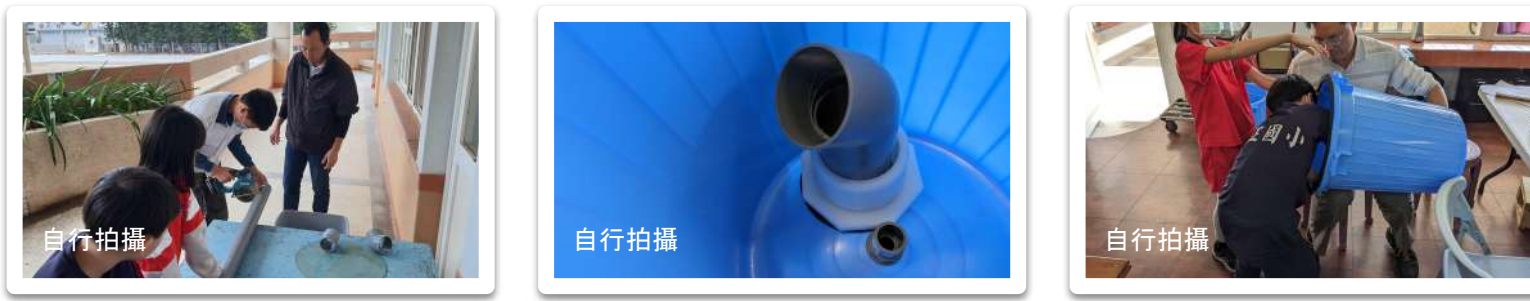


### 加裝了旋風設計能否改善集葉桶內的吸葉效率？



在集塵桶內側進氣口加裝彎頭，讓進氣的方向變成逆時針的旋轉可以更有效集塵。

因此我們猜測加裝旋風設計應該會讓風速增加，如果可以增加風速是否代表可以讓吸葉管有更強的吸力？



我們以原本不裝彎管作為對照組，4個不同的實驗組分別為逆時針90°、逆時針45°、順時針90°、順時針45°。

實驗前我們預測逆時針90°彎管的風力數值應該會最高，結果與我們所預測不同，逆時針安裝45°彎管數據優於其他變項。實驗數據說明安裝了旋風設計可以略為增加管內風速值。



原本對照組的不裝管集葉桶在開放吸塵器蒐集落葉完全沒有堵塞的問題，但是只要裝上逆時針 45°彎管，我們觀察到落葉都會在轉接彎頭處開始回堵，經過了幾次來回測試後還是無法排除堵住情形。



# 集葉桶容量與風速的研究

## 04



### 集葉桶縮小能否增加集葉桶內的進氣風速？

前面的實驗我們使用容量約110公升，我們觀察到吸葉管口風速要達到穩定大約需要10秒，因此我們猜測集葉桶容量如果縮小，風速是否會因為縮小集葉桶容量而增加？



我們採用工地廢料桶作為實驗組，原本2個垃圾桶合體作為對照組，本次同樣採用arduino搭配風速器模組作為偵測工具。

因為縮小了集葉桶容量，吸塵器抽取空氣達到真空的時間應該會縮短，畢竟需要抽取的空氣變少了，「熱機」時間應該會加快。經過實驗後我們將風速器模組所取得的數據登記在google試算表上，比較後得出與我們猜測相近的結果：「熱機」時間實驗組有些微縮短(縮短2秒)、吸葉管口風速則是驚人的增加到23-24MPH。

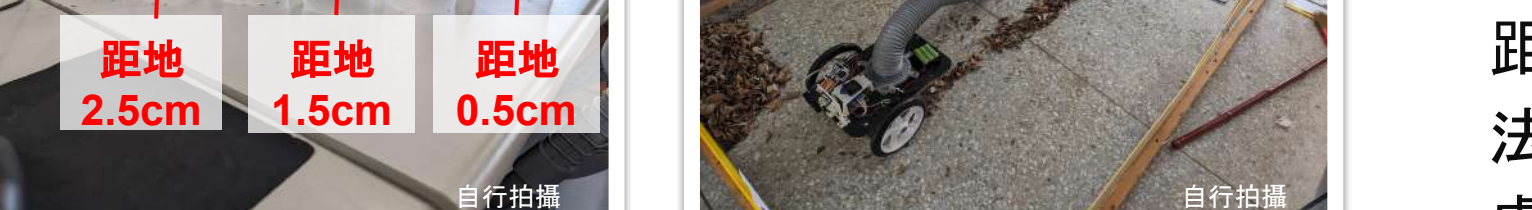
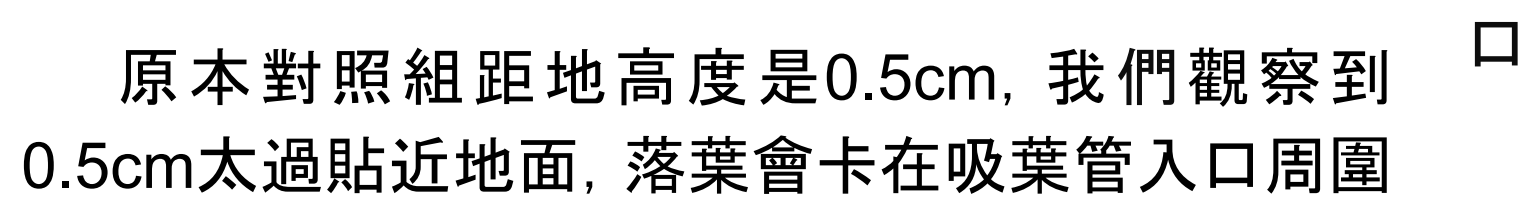
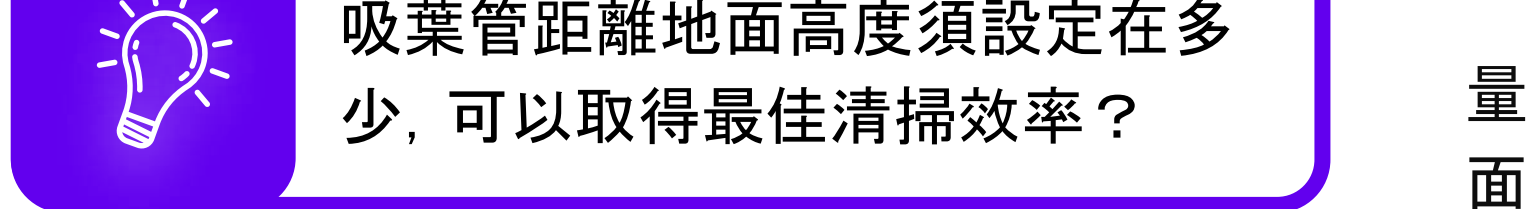
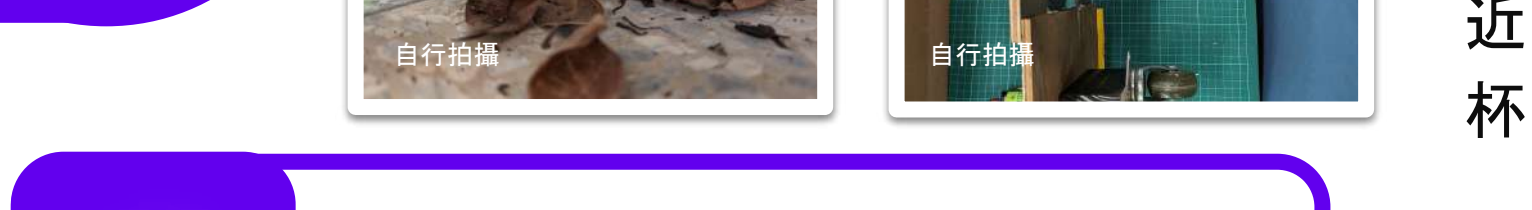
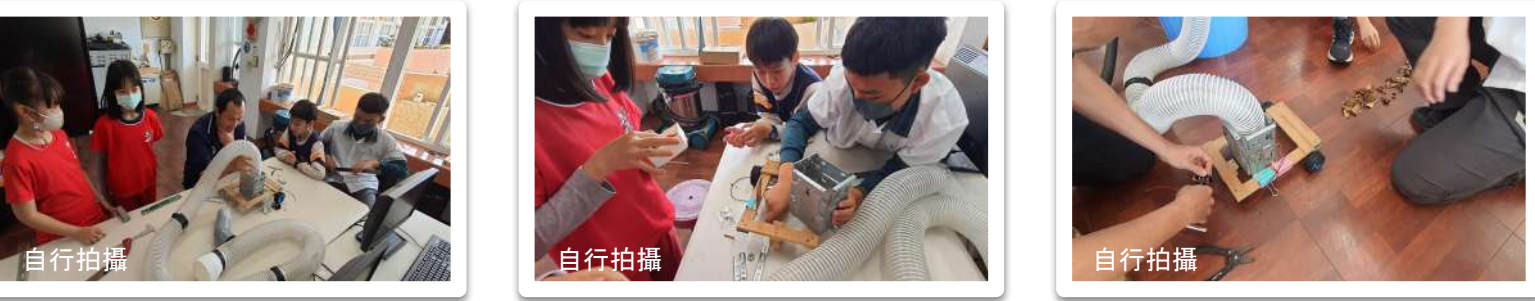
# Arduino自走車

## 05



### 是否可以讓內圈吸葉管和外圈自走車可以分別運作旋轉？

車身底盤考慮到需要外接吸葉管，所以預留通透空間，L298P馬達驅動板和Arduino安裝在底盤前端，減速電機和車輪裝在車身底盤底部，最後把電池連接到馬達驅動板上，再由馬達驅動板提供Arduino所需電源。



為了解決摩擦力問題，我們決定加大馬達動力，只要馬達動力大於摩擦力，自走車應該可以正常拖動吸葉管運動。於是我們將原本的JGA25-370減速電機更換為775直流減速馬達DC12V/10轉。



### 發熱的L298P馬達驅動晶片問題。

機器在運作一段時間後，huskylens會自動反覆開機關機，經過逐一檢查後發現是L298P的晶片運作時產生熱能導致晶片過熱。

為了解決L298P過熱的問題，我們在晶片上安裝了散熱鰭，再加小風扇幫助空氣對流，解決了L298P晶片過熱問題。



# 吸葉管口距離地面高度的研究

## 06

我們設定落葉實驗面積為2m、寬度30cm，在周圍設置邊界標識。用面積比例計算效率，假定所有落葉平均分佈，以全部落葉面積為分母、掃除運作一段時間後面積做為分子，計算出單位時間的清掃效率。

### 實驗環境下如何計算出單位時間的清掃效率？

但是面積計算在技術上難以執行，我們改以計算重量的方法，假定所有落葉平均分佈，以全部落葉重量為分母、掃除後落葉為分子，比較出單位時間清掃效率。



### 吸葉管距離地面高度須設定在多少，可以取得最佳清掃效率？

原本對照組距地高度是0.5cm，我們觀察到0.5cm太過貼近地面，落葉會卡在吸葉管入口周圍，所以實驗組採取逐步增加地面距離，每個變項增加0.5cm。



實驗一開始的距離地面0.5cm和距離地面1.0cm實驗組，因為距離地面較近，一開機強大的吸力的把底部塑膠杯吸扁壓毀。

距離地面1.5cm實驗組吸取量約總量1/3，從側面觀察吸葉口發現距離地面高度不夠導致落葉沒有辦法進入洞口，而是大堆落葉卡在吸葉口周遭。

距離地面2.0cm實驗組正好可以讓多數落葉通過，所以取得了本實驗的最佳數據。距離地面2.5cm實驗組的數據忽高忽低，實驗過程中我們有觀察到落葉卡在車體軸承處，我們推測這樣的結果可能是因為管口距離地面已經太高，吸力不夠沒有辦法將落葉往回推，所以堵塞在入口處。

