

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(一)科

第一名

082804

智能割草機

學校名稱：臺中市豐原區翁子國民小學

作者：	指導老師：
小六 范蒼萱	楊宗榮
小五 周鼎毅	羅淵學
小六 黃新宸	
小五 陳盈安	
小四 陳巧軒	

關鍵詞：割草機、Brain Go、機器人

得獎感言

翁子科學研究趣 智能割草展奇跡

天氣炎熱，年邁的工友爺爺曾差點因為割草而昏倒住院，為了爺爺的割草負擔，翁子國小師生設計「智能割草機」，用 mBlock 編寫程式，讓割草機有智能判斷及避障警示功能；車體用雷射切割的齒輪組及木車輪來組合製作，實驗出能在崎嶇草地前進爬坡的割草機；刀具盒以 3D 列印設計，安裝美工刀片及馬達，就可輕鬆割斷難纏的牛筋草。車體結構、程式設計皆依據實測結果進行迭代改良，終於能在割草時派上用場，工友爺爺說這是他收到最棒的禮物。

歷經一年的研究，從拔校園的雜草開始實驗，這才發現校園的雜草很多種，其中難纏的就是牛筋草，為了順利切斷它，改變刀具、馬達、電壓等，測試後發現 12V 的馬達電池組才夠力。但問題總是接踵而至，由於刀片模組重達一公斤，車體無法在草地上前進，換了 5-6 種車輪都不行，讓我們陷入瓶頸，仔細觀察後發現車輪碰不到地面，改成「米字輪」才能穿過草葉接觸地面，當割草機能在草地上前進時，我們高興地大叫。接下來就是設計程式，一開始裝上晶片的割草機只會前進，不管怎麼改程式都沒用，老師教我們畫邏輯圖，簡化程式結構，割草機終於聽話了。研究過程中，工友爺爺說割圍牆邊的雜草也很危險，會噴濺石頭且容易被車撞，所以我們改變超音波的安裝位置，增加沿著圍牆割草的功能。在這個研究中，我們不斷遇到困難，但是老師總會請我們喝飲料，讓我們堅持下去，挫折並不可怕，只要努力總能解決。

給未來想進行割草機研究的學弟妹一些建議，刀片的耐久度會影響割草的效率，且超音波的設置會影響機器人的反應，避障及割草軌跡的程式設計會影響割草的效能。我們的智能割草機還有許多改進的空間，歡迎大家跟我們一起來研究。

最後，感謝翁子國小詹文成校長、劉英政會長、吳月華會長，幫我們爭取研究經費，購買智能晶片、雷射切車機、3D 列印機，讓實驗可以順利完成。感謝工友陳勝賢爺爺給我們許多實務上的建議，幫我們加油打氣。謝謝楊宗榮主任、羅淵學老師犧牲假日陪我們進行研究，謝謝陳俊宏老師及盧春年老師指導我們寫程式。感謝所有給予我們幫助的師長及伙伴，未來，我們會持續研究，希望對改善大家的生活有些貢獻。



全體師生與校長合影



全國科展競賽時在旅館討論實驗問題



榮獲全國科展第一名~師生合影

摘要

智能割草機設計為 **推車式設計**及**安全性智能設計**。刀片高度在大約 **6~7 公分**處。不同的切割位置會影響切割的力量，隨著角度越大，施力效果越小 12V 馬達配 12V 鉛蓄電池，施力效果最好。**車輪要有突起**，才能深入草地中，這樣車輪才能受力。需考量因應地形的穩定性。前輪越大，遇到坑洞可以直接通過。**齒輪模組以 1：6** 能夠有較大的拉力及爬坡能力。馬達上的齒輪與車輪上的齒輪接觸點上下接觸，可避免受到草莖或雜物影響。採用 **2 個超音波分別設定邏輯**，能有效避障，擁有最佳割草路徑。

壹、研究動機

每到夏天學校操場的雜草就會長的很長，工友叔叔需要經常割草，割完東邊，西邊又長長了，而且工友叔叔高達 63 歲，體力不堪負荷，接近中午時間太陽又太大，有一次甚至割完草就立刻到醫院掛急診。我們想要幫助他減輕負擔，剛好學校正在教 scratch，想要嘗試製作一台智能割草機，幫助工友叔叔割草。

貳、研究目的

- 一、認識校園雜草種類及各部位切斷所需的力量。
- 二、製作能切斷雜草的割草機模組。
- 三、製作能在崎嶇的草地上行進的車輛模組。
- 四、應用智能晶片及感測器整合割草機及車輛模組製作割草機器人。
- 五、智能割草機器人能實際在草地上自主割草。

參、研究問題

- 一、校園內常見的雜草有哪些種類?切斷雜草各部位的力量有何不同?
- 二、割草機的構造及運作原理是什麼?機器人割草機和一般割草機有何異同?
- 三、不同的打擊位置會影響打擊的力量嗎?
- 四、相同的馬達在不同的電壓環境中會影響打擊的力量嗎?
- 五、相同的電壓環境中，不同的馬達會影響打擊的力量嗎?
- 六、哪一種割草模組有較佳的割草效率?
- 七、哪一種車輛模組能在崎嶇的草地上行進?
- 八、不同的齒輪比會影響割草車的拉力及爬坡能力嗎?
- 九、如何撰寫 scratch 程式控制機器人避障?

肆、研究設備及器材

- 一、切割器：木條、美工刀片。
- 二、工具：3D 列印機、雷射切割機、電動起子。
- 三、割草機：智高積木、木板(3mm 及 5mm)、螺絲。
- 四、智能模組：brain go、行動電源、超音波感測器、TT 馬達。
- 五、軟體：123D design、inkscape。

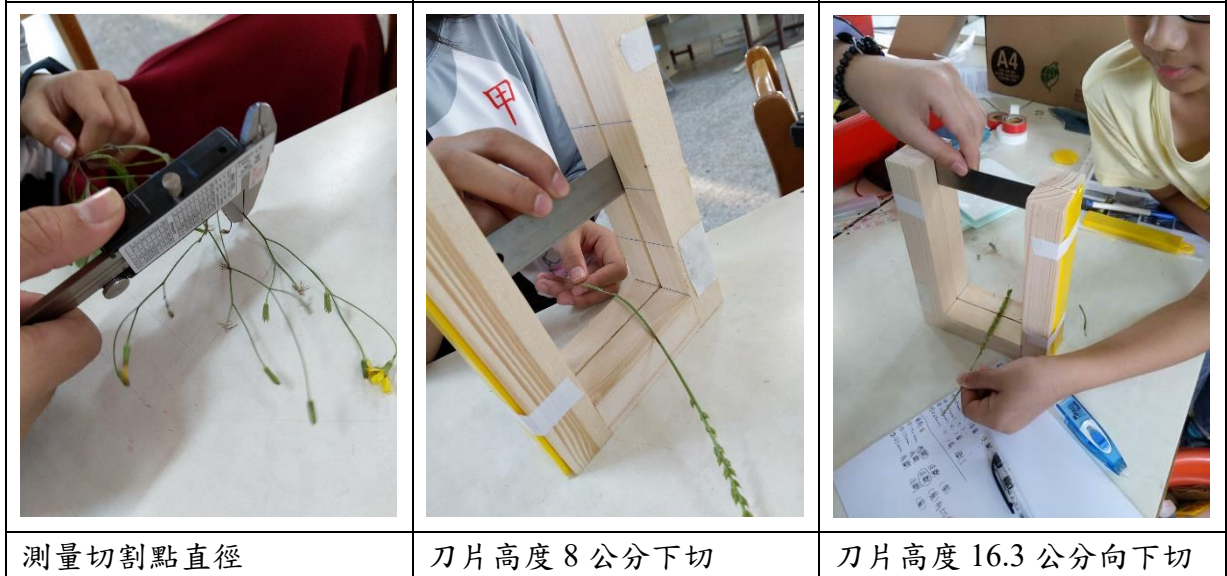
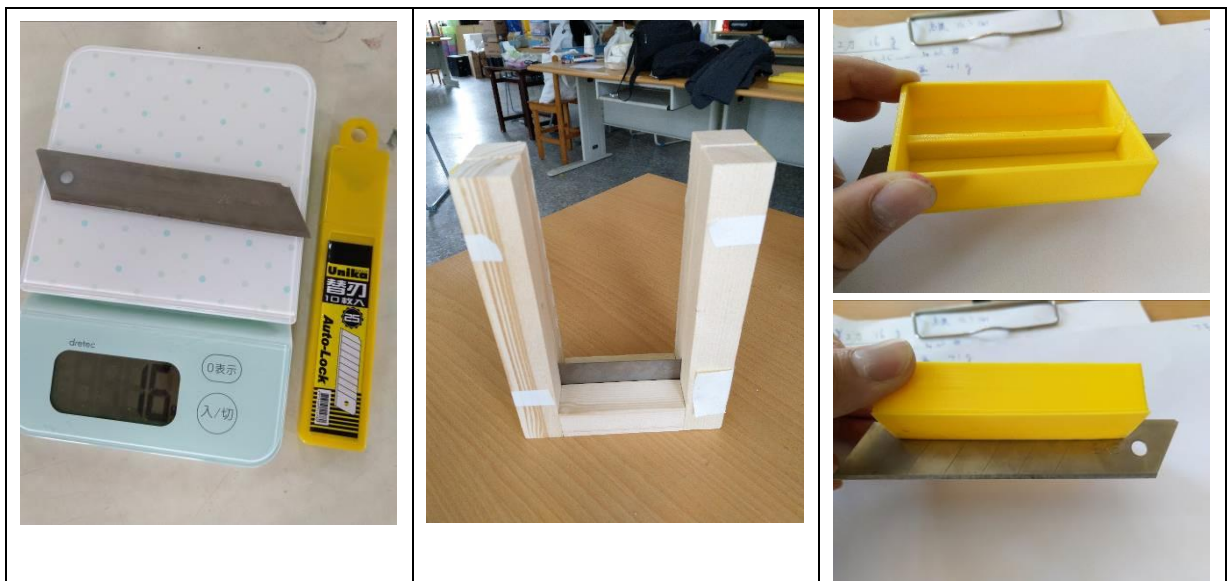
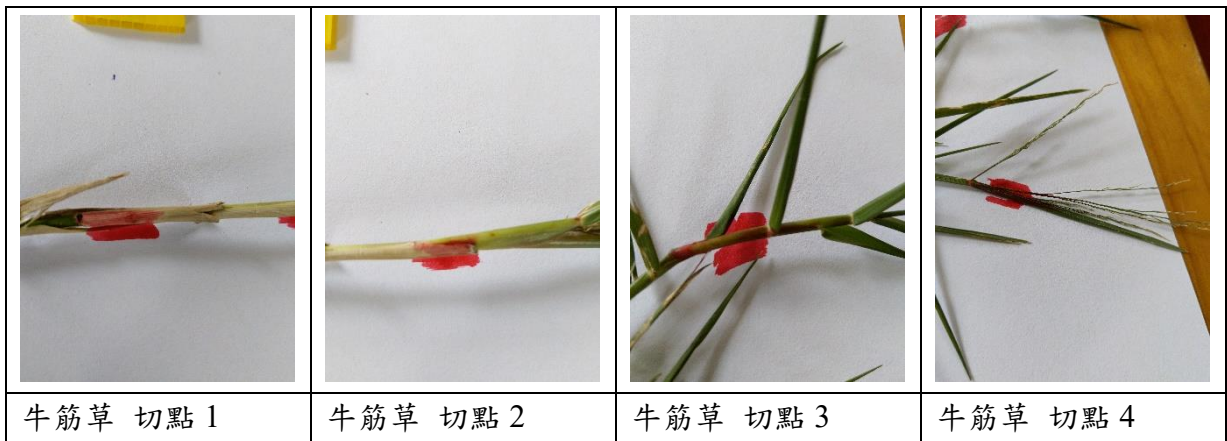
伍、研究方法與結果

【實驗一】：校園內的常見的雜草有哪些種類?切斷雜草各部位的力量有何不同??

(一)研究步驟

- 1.觀察操場常見的雜草，並採集 6 種。
- 2.在不同部位畫上記號。以牛筋草為例：牛筋草畫記 4 個切割點。
- 3.製作刀片切台、3D 列印刀片加重盒，在刀片切台畫記 4、8、12 與最高點 16.3 公分的高度記號。
- 4.觀察切割點形狀、直徑。
- 5.將刀片以上述 4 種高度垂直下放，觀察切斷情形。
- 6.刀片+盒子+電池，依序加重測試，直到切斷為止。

		
牛筋草	車前草	大花咸豐草
		
野苧菊	昭和草	紫背草



(二)研究結果

表 1.刀片高度 4 cm 切斷雜草紀錄表(0 代表完全切斷，X 代表不完全切斷)

刀片高度 4 cm	切割點	切割點直徑 (mm)	美工刀 16g	切痕描述	刀+盒子 (41g)	切痕描述	刀+盒+電池 *2(75g)	切痕描述	刀+盒+電池 *3(92g)	切痕描述	刀+盒+電池 *4(109g)
牛筋草	1	2.29	X	切痕表面	X	切痕表面	X	切痕 1/4	X	切痕 3/4	0
	2	2.34	X	切痕表面	X	切痕表面	X	切痕 1/2	X	切痕 1/2	0
	3	1.53	X	切痕表面	X	切痕 1/2	0				
	4	0.61	0								
車前草	1	1.92	X	切痕 3/4	X	快要斷了!	0				
	2	1.75	X	切痕 3/4	0						
	3	1.8	X	切痕表面	0						
大花咸豐草	1	2.87	X	切痕 1/2	0						
	2	2.39	0								
	3	1.48	0								
野茼蒿	1	1.56	0								
	2	0.8	0								
	3	0.62	0								
昭和草	1	1.38	0								
	2	1.31	X	快要斷了!	0						
	3	1.21	0								
	4	0.75	0								
紫背草	1	1.69	0								
	2	1.34	0								
	3	0.76	0								

表 2.刀片高度 8 cm 切斷雜草紀錄表(0 代表完全切斷，X 代表不完全切斷)

刀片高度 8 cm	切割點	切割點直徑 (mm)	美工刀 16g	切痕描述	刀+盒子 (41g)	切痕描述	刀+盒+電池 *2(75g)	切痕描述	刀+盒+電池 *3(92g)	切痕描述	刀+盒+電池 *4(109g)
牛筋草	1	2.71	X	切痕表面	X	切痕表面	X	切痕 3/4	X	切痕 3/4	0
	2	2.48	X	切痕表面	X	切痕 1/2	X	切痕 1/2	X	快要斷了!	0
	3	3.12	X	無切痕	X	快要斷了!	0				
	4	2.61	X	切痕表面	X	快要斷了!	0				
車前草	1	1.75	X	切痕表面	0						
	2	1.54	X	切痕 1/2	0						
	3	2.3	0								
大花咸豐草	1	2.14	X	切痕表面	0						
	2	2.18	0								
	3	0.99	0								
野茼蒿	1	1.25	0								
	2	0.87	0								
	3	0.34	0								

昭和草	1	1.62	X	切痕 1/4	0						
	2	1.07	0								
	3	0.96	0								
	4	0.72	0								
紫背草	1	1.92	X	快要斷了!	0						
	2	1.24	0								
	3	1.07	X	快要斷了!	0						

表 2.刀片高度 12 cm 切斷雜草紀錄表(0 代表完全切斷，X 代表不完全切斷)

刀片高度 12 cm	切割點	切割點直徑(mm)	美工刀 16g	切痕描述	刀+盒子 41g
牛筋草	1	2.19	X	切痕表面	0
	2	2.05	X	切痕表面	0
	3	2.77	X	切痕 1/4	0
	4	1.74	0		
車前草	1	1.93	X	切痕 1/4	0
	2	1.67	0		
	3	2.27	0		
大花咸豐草	1	2.66	X	切痕 1/2	0
	2	2.57	X	切痕 1/2	0
	3	1.4	0		
野苧荊	1	2.08	0		
	2	1.62	0		
	3	1.27	0		
昭和草	1	1.43	0		
	2	1.1	0		
	3	1.08	0		
	4	0.7	0		
紫背草	1	1.7	X	切痕 3/4	0
	2	0.97	0		
	3	0.55	0		

【結果】

1.操場常見的雜草有：

牛筋草、車前草、大花咸豐草、野苧荊、昭和草、紫背草。

2.實驗發現要切斷牛筋草最費力，切斷野苧荊最省力。所以我們割草機的切割雜草測試，可針對牛筋草，只要能成功切斷高度 6.5 公分處的牛筋草，上述這 6 種雜草都能輕易切除！

3.實驗得知高度 6.5 公分處的牛筋草最難切，能提供我們作為智能割草機的刀片設置高度之參考。所以之後設計的智能割草機，刀片高度可設計在大約 6~7 公分處。

表 4.切斷容易度分析

野茼蒿 (最省力)	3 個切割點 都容易切	刀片下切高度 4 cm	美工刀片 16g
牛筋草 (最費力)	切割點 2 最難切斷 (身長 6.5 公分處)	刀片下切高度 16.3 cm	刀+盒+電池*3 92g

【實驗二】：割草機的構造及運作原理是什麼?機器人割草機和一般割草機有何異同??

(一)研究步驟

- 1.收集相關資料並分析
- 2.自製簡易割草機體驗割草

(二)研究結果

- 1.常見割草機有手提式、背負式、推車式。
- 2.共同構造有：馬達(配電池)或引擎(配燃料)裝上刀片或牛筋繩
- 3.智能割草機與一般型最大差異：增加控制板與許多感應裝置，增加了便利性與安全性。
- 4.我們想朝以下想法來設計我們的智能割草機：

(一) 推車式設計。

(二) 安全性智能設計：裝置超音波感測器，感應到前方有人或障礙物，車輪就要停止前進並轉彎。

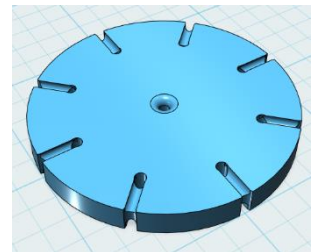
		
手提式 馬達、充電型電池 牛筋繩、刀片	背負式 引擎、燃料 馬力較大 牛筋繩、刀片	推車式 引擎、燃料 馬力更大 刀片



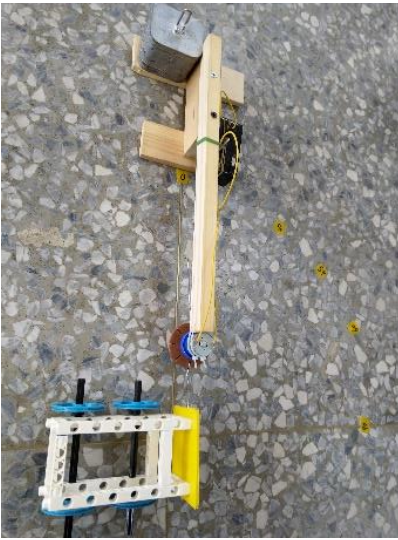
	智慧割草機的主要智慧化功能	
	功能性	自動識別學習割草機區域 自動避雨 Wifi 無線控制 藍牙控制 GPS 定位 自動識別調節割草機高度等
	安全性	防碰撞 防翻倒 自動識別周邊環境 危險報警等
智能割草機比傳統式更進步的地方		

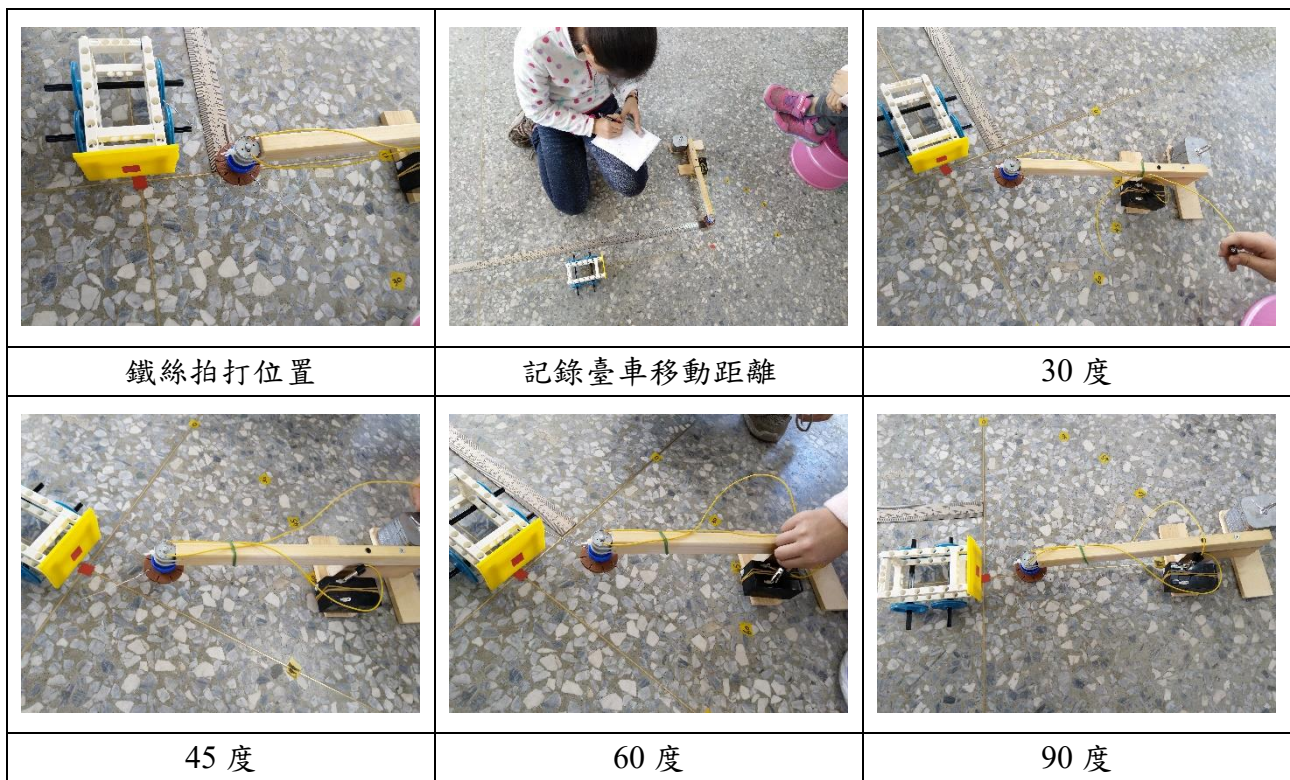
【實驗三】：不同的打擊位置會影響打擊的力量嗎？

(一)研究步驟

- 1.應用 123D design 製作 3D 列印載具、2 支 8 公分細鐵絲模擬割草機刀片，以木條製作簡易割草機台，以 6V 馬達配 6V 鉛蓄電池為動力。
- 2.用智高積木做一台被打擊小車，打擊 PP 版上的紅色記號。
- 3.在地板量測相對應台車的角度，並做記號。
- 4.固定鐵絲拍打台車的位置，從 0 度角依序 0、30、45、60、90 測量台車被拍打後移動的距離。



		
地板量角度做記號	實驗用具	0 度開始測量



(二)研究結果

表 5.不同角度擊打的移動距離

角度	移動距離(cm)	移動距離	移動距離	平均移動距離
0	46	45	49	46.67
30	32	32	30	31.33
45	29	29.5	31	29.83
60	28.5	22	27	25.83
90	16	11	12	13.00

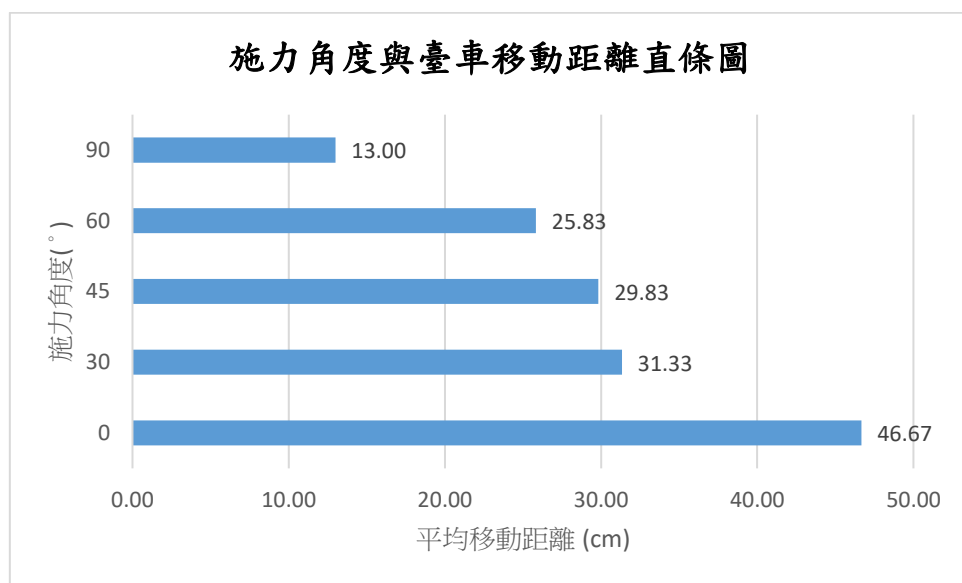


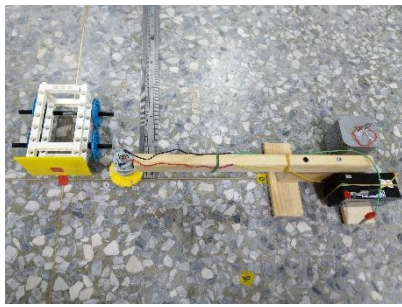
圖 1.不同角度擊打的移動距離長條圖

【說明】從實驗得知鐵絲以 0 度角拍打小車，小車移動距離最遠，代表 0 度角拍打小車能施最大的力。不同的打擊位置會影響打擊的力量，隨著角度越大，施力效果越小。所以割草機理想的割草方式，應從草的側邊割過去。

【實驗四】：相同的馬達在不同的電壓環境中會影響打擊的力量嗎??

(一)研究步驟

- 1.以【實驗三】實驗結果：0 度角拍打較果最好，接續實驗。
- 2.以 3V、6V、12V 馬達配合 1.5V、3V、4.5V、6V、12V 電池，做打擊車子測量移動距離實驗。

		
實驗用具、以 0 度角拍打	12V 馬達+3V 電池	12V 馬達+4.5V 電池
		
12V 馬達+6V 電池	12V 馬達+12V 電池	三用電表測馬達空轉電流

(二)研究結果

表 6.不同馬達及電壓擊打的移動距離

3V 馬達					
電池	車子移動距離 (cm)	車子移動距離 (cm)	車子移動距離 (cm)	平均移動距離	馬達空轉電流 (A、mA)
1.5V	推不動車 0	推不動車 0	推不動車 0	0	0.14A

3V	13	12.5	12.4	12.63	0.20A
4.5V	22.5	21.6	22.5	22.20	0.25A
6V 馬達					
電池	車子移動距離 (cm)	車子移動距離 (cm)	車子移動距離 (cm)	平均移動距離	馬達空轉電流 (A、mA)
1.5V	13	13.5	13.5	13.33	16.2 mA
3V	20.5	20	18.5	19.67	16.9 mA
4.5V	35.5	31	32	32.83	18.6 mA
6V	46	45	49	46.67	19.7 mA
12V 馬達					
電池	車子移動距離 (cm)	車子移動距離 (cm)	車子移動距離 (cm)	平均移動距離	馬達空轉電流 (A、mA)
1.5V	馬達沒動 0	馬達沒動 0	馬達沒動 0	0	100.7 mA
3V	24	22	23.4	23.13	38 mA
4.5V	31	29.5	31	30.50	46.6 mA
6V	50.5	45.5	47	47.67	60.7 mA
12V	85	91	87.5	87.83	144.6 mA

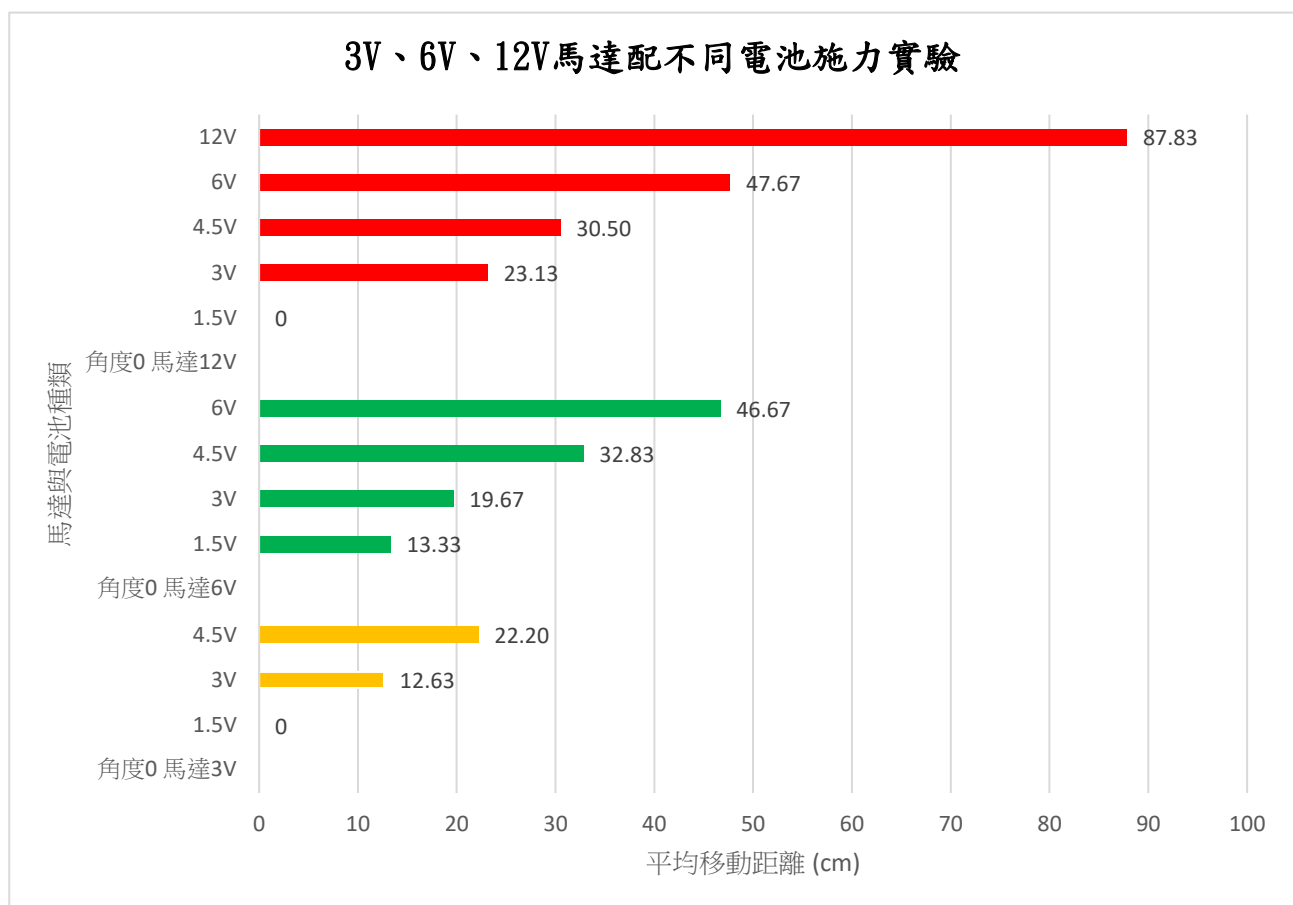


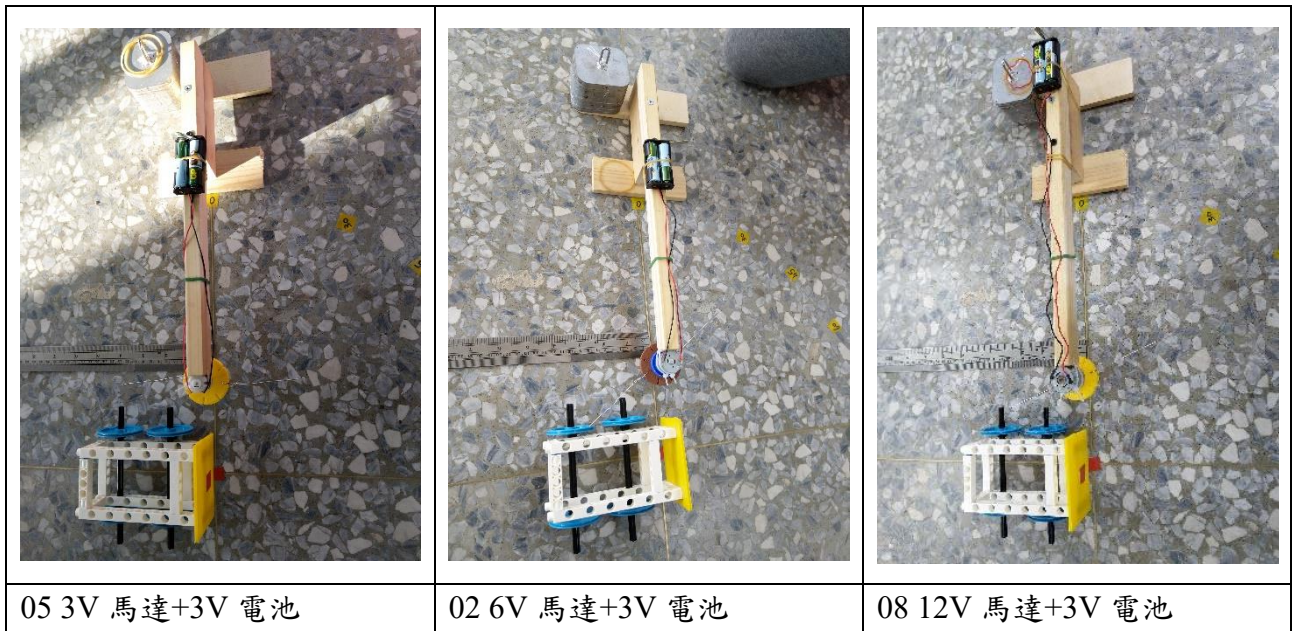
圖 2.不同馬達及電壓擊打的移動距離

【說明】從實驗圖表可知，12V 馬達配 12V 鉛蓄電池，車子移動最遠，所以施力最大。
 相同的馬達在不同的電壓環境中會影響打擊的力量，隨著電池的電壓上升，打擊力量越大。

【實驗五】：相同的電壓環境中，不同的馬達會影響打擊的力量嗎？

(一)研究步驟

- 1.以【實驗三】實驗結果：0 度角拍打較果最好，接續實驗。
- 2.以 3V、6V、12V 馬達配合 1.5V、3V、4.5V、6V、12V 電池，做打擊車子測量移動距離實驗。



(二)研究結果

表 7.同電壓不同馬達擊打的移動距離

電池		電池		電池		電池		電池	
1.5V		3V		4.5V		6V		12V	
馬達	平均移動距離(cm)	馬達	平均移動距離(cm)	馬達	平均移動距離(cm)	馬達	平均移動距離(cm)	馬達	平均移動距離(cm)
3V	0	3V	12.63	3V	22.20	3V	無測試	3V	無測試
6V	13.33	6V	19.67	6V	32.83	6V	46.67	6V	無測試
12V	0	12V	23.13	12V	30.50	12V	47.67	12V	87.83

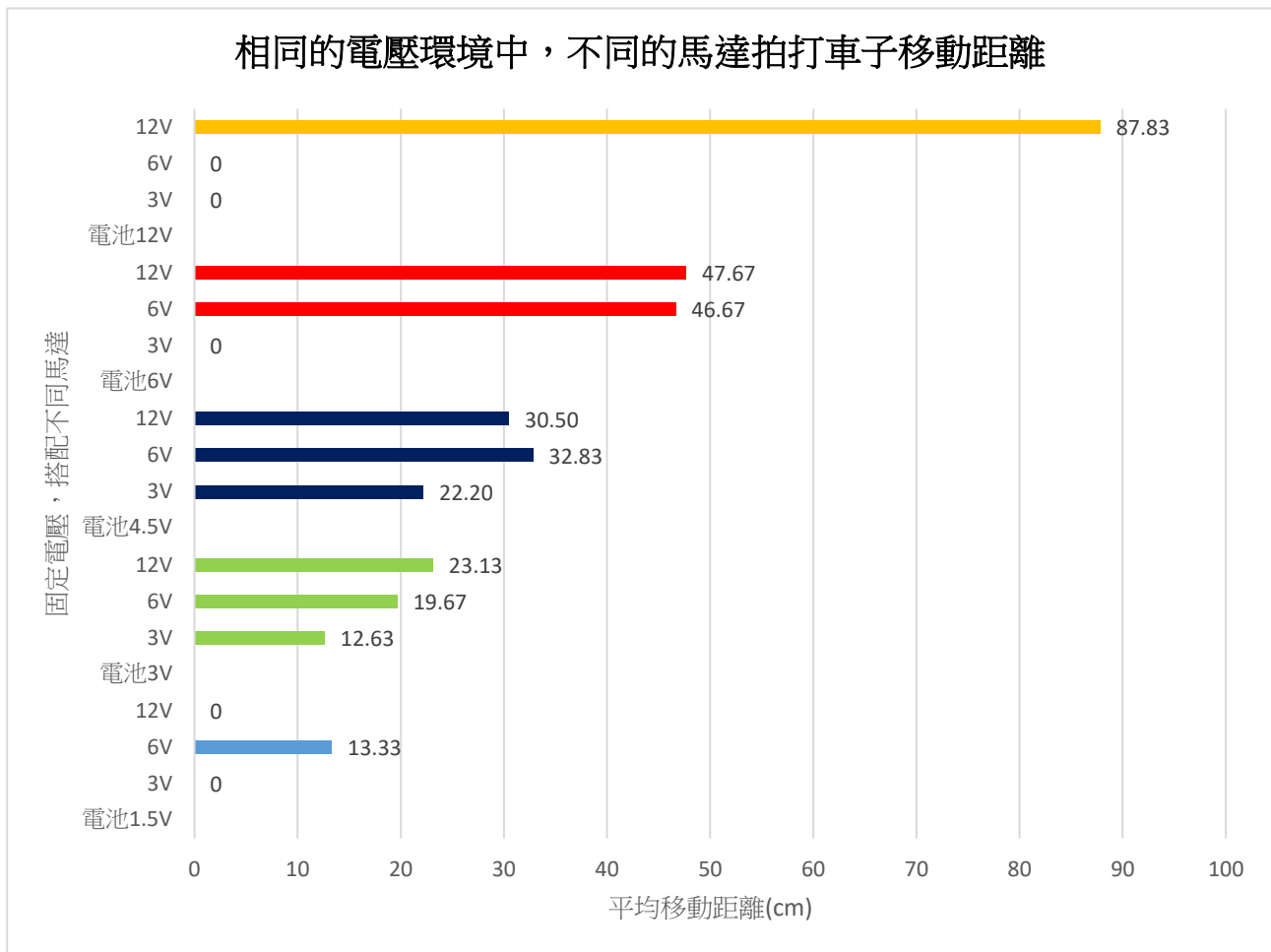


圖 3.同電壓不同馬達擊打的移動距離長條圖

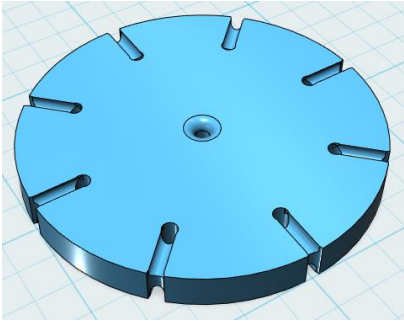
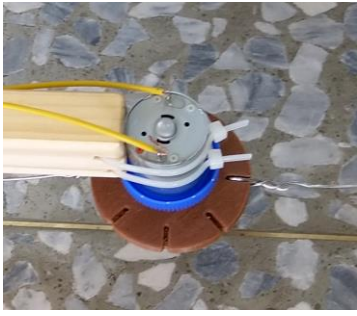

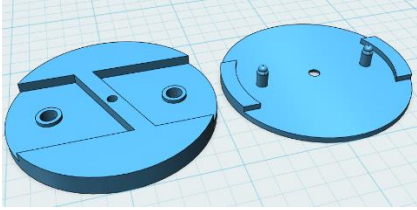
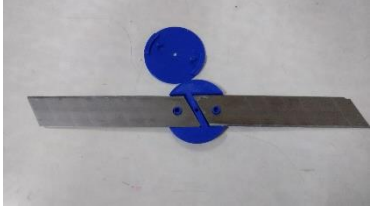

【說明】從實驗圖表可知：

1. 在電壓 1.5V 時，車子移動距離最小，所以馬達轉動的效果最差、施力最小。
2. 馬達搭配到自身最合適的電壓時，都能發揮自身最大的施力效果。
3. 12V 馬達配電壓 12V 鉛蓄電池時，車子移動最遠，所以施力最大，有最佳轉動效果。
4. 與【實驗四】的結論一致，所以我們決定：智能割草機以 12V 鉛蓄電池、12V 馬達作為刀片的動力來源！

【實驗六】：哪一種割草模組有較佳的割草效率？

(一)研究步驟

1. 利用 123D design 設計割草模組 3D 圖，分別以寬版美工刀片及鐵絲進行設計。
2. 採用 12V 馬達及 12V 電池。
3. 觀察實際割草結果。

		
鐵絲盒 3D 建模	鐵絲盒成品	自製簡易割草機操作影片
		
美工刀盒 3D 建模	美工刀盒(加上蓋)	實際割草情形

(二) 研究結果


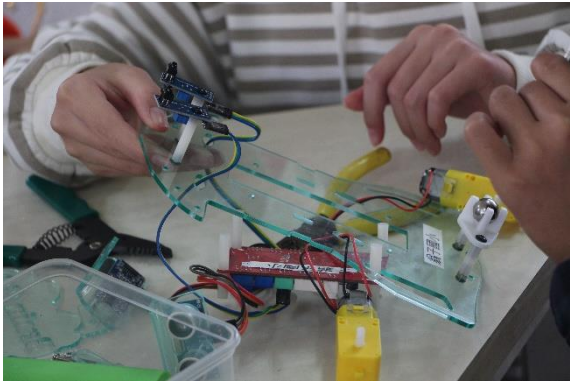
- 1.鐵絲盒只能將草打折，不能切斷；美工刀盒可以快速將實驗一中的雜草切斷，及時是較接近地面的莖部也可以切斷。
- 2.但是越靠近地面有可能會噴濺砂石。

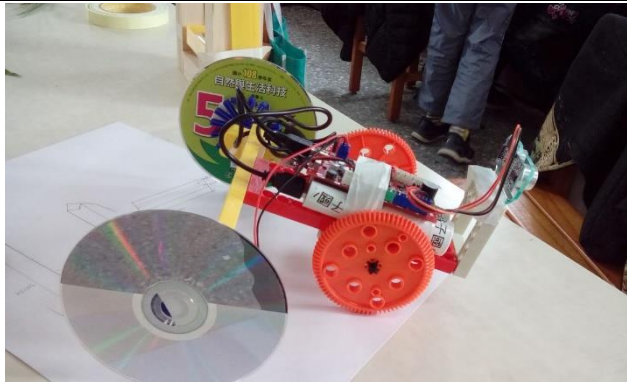
【實驗七】：哪一種車輛模組能在崎嶇的草地上行進？

(一)研究步驟

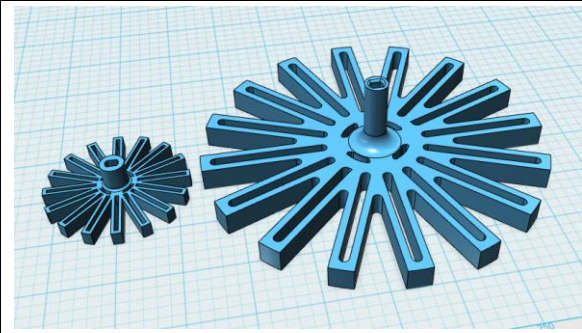
1. 以 BRAIN GO 模組為基底，分別製作不同的車輛模組，逐步改良。
2. 車輛馬達以雙軸 TT 馬達(直流減速，減速比 1:48)為主，電源為 4.5V 的行動電源。
3. 觀察在草地上的行進結果。

(二) 研究結果

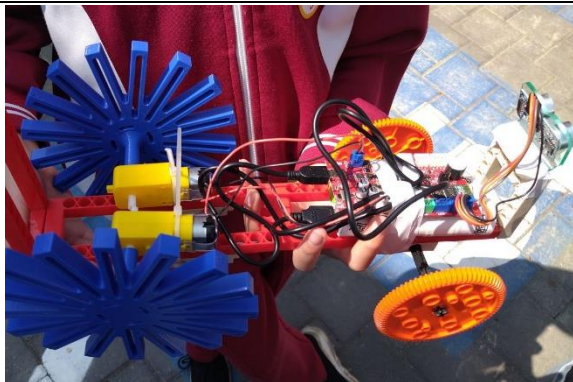
	
1.在草地上測試 BRAIN GO 智能車發現輪胎無法接觸地面所以會空轉	2.拆解智能晶片(以 ATmega 328P 做為核心，整合了 H 橋電機驅動組、蜂鳴器、LED 燈、溫度感應器、藍牙模組等功能的 Arduino 整合板)及 tt 馬達



3.加上預計的智能晶片、電池及感測器(沒有功能只是預估重量)在平地可以前進，但是在草地上無法前進，推測是因為帶動輪太小，會陷入草中



4.繪出大小車輪模型，小車輪在草地上無法移動



5.裝上大車輪後，可能車輪太重，所以無法在草地上移動



6.將前輪改成光碟片，增加車輪半徑，驅動車輪改成光碟片+8根冰棒棍，可以驅動車輛在草地上前進



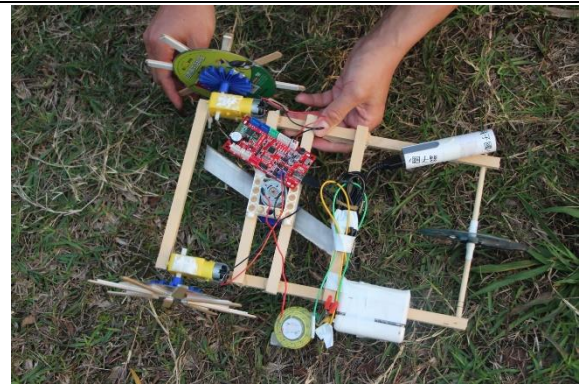
7.加上刀片模組進行測試，發現重量不平衡，容易在行進中翻倒



8.延長車架，將刀片模組放在中間，在草地上可以前進，但是刀片模組很重，導致積木變形，刀片太低會捲入雜草莖，使車輛停止運作



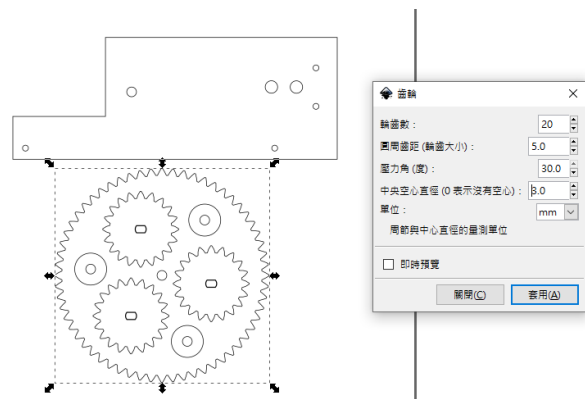
9. 智能積木割草機加上割草機模組測試影片



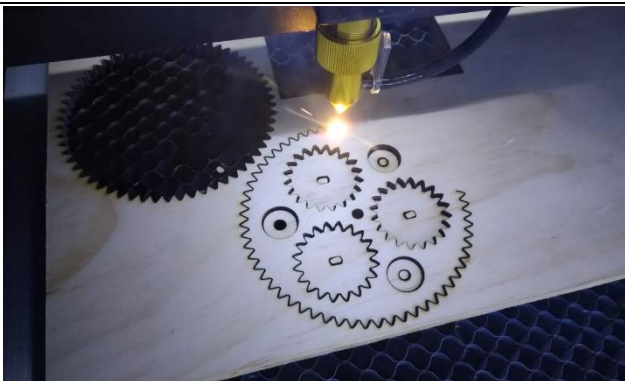
10. 考慮到車架的穩定性及未來轉彎的可能性，將車架換成木條，前輪由雙輪換成單輪(光碟片)，拆解指尖陀螺的軸承加入光碟片中，使運轉更滑順



11. 木製智能積木割草機(有刀片)操作影片，經過測試，發現在平地可以行進，但是爬坡就會卡住，推測原因馬達扭力不足，朝向製作「齒輪組」的方式來進行。



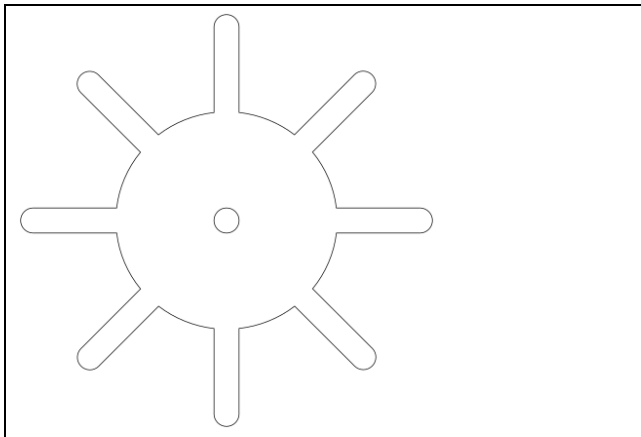
12. 使用 Inkscape 繪製齒輪及齒輪版
小齒輪 20 齒、大齒輪 60 齒，輪齒大小為 5mm，壓力角 30 度



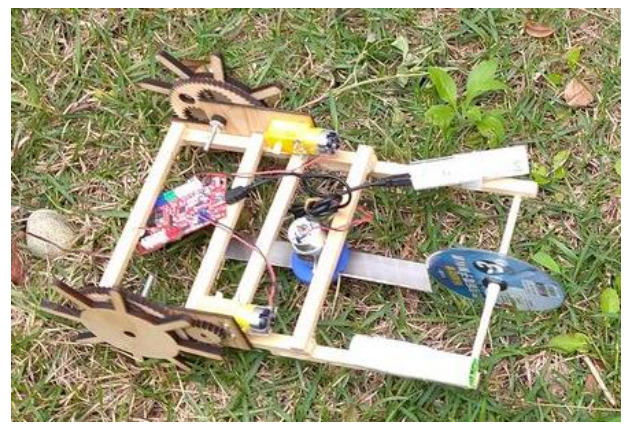
13. 雷射齒輪及齒輪版



14. 齒輪版及齒輪成品



15.製作直徑 15cm 的雷切車輪

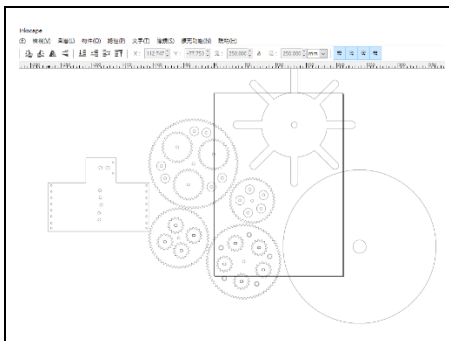


16.齒輪比 1 : 3 的木製車架可在草上前進，且可以爬坡度約 10 度的坡面

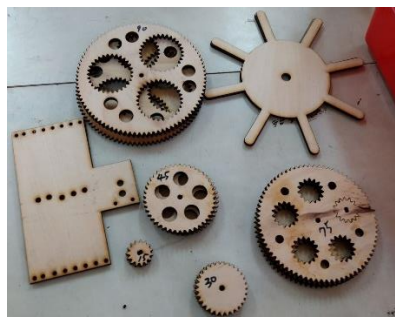
【實驗八】：不同的齒輪比會影響割草車的拉力及爬坡能力嗎？

(一)研究步驟

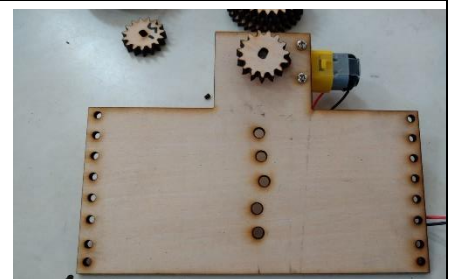
- 1.用 Inkscape 繪製 15 齒、30 齒、45 齒、60 齒、75 齒、90 齒的齒輪(輪齒大小為 5mm、壓力角 30 度)並繪製齒輪板。
- 2.用雷切機裁切 5mm 厚木板製作齒輪及齒輪板。
- 3.裁切 3mm 厚木板製作直徑 20cm 的「有腳木車輪」當作「驅動車輪」，前輪則裁切直徑 25cm 的圓形木輪。
- 4.更換不同齒輪組，使齒輪比為 1 : 2、1 : 3、1 : 4、1 : 5、1 : 6，在平面上安裝拖重台，紀錄拖行重量。
- 5.分別在坡度 10 度、20 度、30 度斜坡草度進行爬坡測試。



1.繪製齒輪及車輪圖



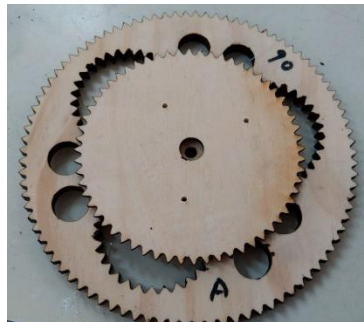
2.切出各種齒輪



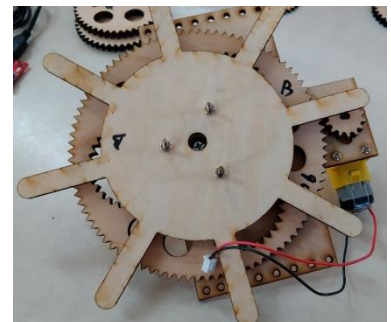
3.15 齒輪安裝在 TT 馬達上



4.90 齒輪加上隔墊



5.加上襯底齒輪



6.將襯底齒輪與木車輪用螺絲固定

		
7.木車輪用軸軸當圓心	8.木製前輪	9.拉力實驗
		
10.拉力實驗可拖動 1.5 公斤	11.健康中心旁草地(坡度約 10 度)	12 辦公室後草坡(坡度約 20 度)
		
13 辦公室前草坡(坡度約 30 度)	拉力實驗影片	

(二)研究結果

表 8.拉力實驗紀錄表(單位：公克)

齒輪比	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6
第一次	600	800	1000	1200	1500
第二次	500	700	900	1300	1400
第三次	600	800	1100	1200	1400
平均	566.6	766.6	1000	1233.3	1433.3

表 9. 爬坡實驗紀錄表(單位：公克，需成功前進 1 公尺)

坡度	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6
健康中心旁草地(坡度約 10 度)	O	O	O	O	O
辦公室後草坡(坡度約 20 度)	X	X	X	O	O
辦公室前草坡(坡度約 30 度)	X	X	X	X	O

【說明】從表 8 可知，齒輪比越大，拉力越強；從表 9 可知，齒輪比越大，可爬上 30 度的草坡。

【實驗九】：如何撰寫 scratch 程式控制機器人避障？

(一) 研究步驟

1. 畫出邏輯圖。
2. 用 NCUE BRAIN GO 寫 scratch 程式。
3. 上傳到智能晶片，驗證是否能在草地上割草並避障。

(二) 研究結果

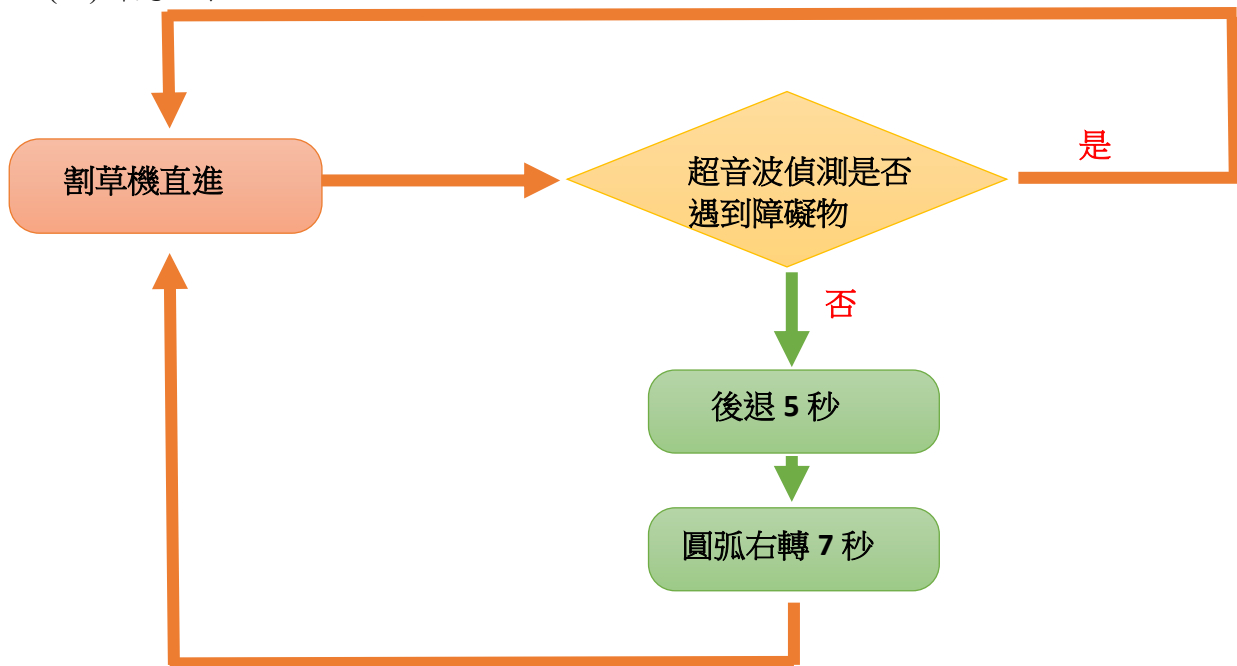


圖 4. 避障車設計邏輯圖

NCUE Brain GO 主程式 V2.0

不停重複

```

    如果 白色超音波 偵測距離 > 90 就
        設定: 白色馬達 轉速設為: 255
        設定: 藍色馬達 轉速設為: 255
    如果 藍色超音波 偵測距離 < 90 就
        設定: 白色馬達 轉速設為: 0
        設定: 藍色馬達 轉速設為: 0
    
```

NCUE Brain GO 主程式 V2.0

不停重複

```

    如果 白色超音波 偵測距離 > 180 且 藍色超音波 偵測距離 > 90 就
        設定: 白色馬達 轉速設為: 255
        設定: 藍色馬達 轉速設為: 255
    如果 藍色超音波 偵測距離 < 90 就
        設定: 白色馬達 轉速設為: -150 變後退邊過轉
        設定: 藍色馬達 轉速設為: -30
        等待 7 秒
        設定: 白色馬達 轉速設為: 100
        設定: 藍色馬達 轉速設為: 100
        等待 5 秒
    
```

1. 設定一個超音波偵測，<90 公分就要停止

2. 設定 2 個超音波偵測，<90 公分就要後退旋轉，7 秒後再前進

NCUE Brain GO 主程式 V2.0

不停重複

```

    如果 白色超音波 偵測距離 > 180 且 藍色超音波 偵測距離 > 90 就
        設定: 白色馬達 轉速設為: 255
        設定: 藍色馬達 轉速設為: 255
    如果 藍色超音波 偵測距離 < 90 且 白色超音波 偵測距離 > 90 就
        設定: 白色馬達 轉速設為: -100 需要先後退再做旋轉
        設定: 藍色馬達 轉速設為: -100
        等待 5 秒
        設定: 白色馬達 轉速設為: 150 大圓弧右轉7s
        設定: 藍色馬達 轉速設為: 30
        等待 7 秒
    如果 白色超音波 偵測距離 < 90 且 藍色超音波 偵測距離 > 90 就
        設定: 白色馬達 轉速設為: -100
        設定: 藍色馬達 轉速設為: -100
        等待 5 秒
        設定: 白色馬達 轉速設為: 30 大圓弧左轉7s
        設定: 藍色馬達 轉速設為: 150
        等待 7 秒
    
```

3. 設定 2 個超音波偵測，不同超音波偵測到<90 公分就要後退旋轉，但是轉彎方式不同，7 秒後再前進

【說明】

一開始先設定單個超音波偵測到<90公分就必須停止，但是這樣就不能躲避障礙，接著改成左右各一個超音波，偵測到<90公分就必須後退及轉彎。但是，轉彎只能固定方向不能依現場處理。改成雙超音波，分別設定偵測到<90公分會進行不同的轉彎路徑。

陸、討論

- 一. 本校常見雜草有：牛筋草、車前草、大花咸豐草、野茼蒿、昭和草、紫背草。實驗發現要切斷牛筋草最費力，切斷野茼蒿最省力。所以我們割草機的切割雜草測試，可針對牛筋草做測試。高度 6.5 公分處的牛筋草最難切，能提供我們作為智能割草機的刀片設置高度之參考。所以之後設計的智能割草機，刀片高度可設計在**大約 6~7 公分處**。
- 二. 智能割草機與一般型最大差異：增加控制板與許多感應裝置，增加了便利性與安全性。所以我們的智能割草機設計方向：**(一) 推車式設計**。**(二) 安全性智能設計**：裝置超音波感測器，感應到前方有人或障礙物，車輪就要停止前進。
- 三. 從實驗得知鐵絲以 0 度角拍打小車，小車移動距離最遠，代表 0 度角拍打小車能施最大的力。割草機刀片切割雜草，不同的切割位置會影響切割的力量，隨著角度越大，施力效果越小。所以割草機理想的割草方式，應從草的側邊割過去。
- 四. 相同的馬達在不同的電壓環境中會影響刀片切割的力量，隨著電池的電壓上升，切割力量越大。12V 馬達配 12V 鉛蓄電池，施力較果最好。
- 五. 在電壓 1.5V 時，馬達轉動的效果最差，所以刀片施力最小。馬達搭配到自身最合適的電壓時，都能發揮自身最大的施力效果。從【實驗四】、【實驗五】的結論：智能割草機以 12V 鉛蓄電池、12V 馬達作為刀片的動力來源，切割效果最好！
- 六. 經過不斷地改良，研發出車架模組，發現在草地上的**車輪要有突起**，才能深入草地中，這樣車輪才能受力。
- 七. 使用雷切的齒輪模組以 1：6 能夠有較大的拉力及爬坡能力。馬達上的齒輪與車輪上的齒輪接觸點本來是**水平接觸**，後來改成**上下接觸**，因為水平接觸時會因為太低會碰到匍匐的草莖，捲進入齒輪中會卡住，上下接觸點比較高，所以不會卡住。
- 八. 單個超音波感測器會無法有效避障，須採用 2 個超音波分別設定邏輯，這樣才能有最大面積路進行割草。

柒、結論

- 一. 因為高度 6.5 公分處的牛筋草最難切，且地面不平會有石頭，所以刀片高度在 **大約 6~7 公分** 處比較不會打到地上，使石頭飛起。
- 二. 智能割草機設計為 **推車式設計** 及 **安全性智能設計**。
- 三. 不同的切割位置會影響切割的力量，隨著角度越大，施力效果越小
- 四. 12V 馬達配 12V 鉛蓄電池，施力較果最好。
- 五. **車輪要有突起**，才能深入草地中，這樣車輪才能受力。需考量因應地形的穩定性。前輪越大，遇到坑洞可以直接通過。
- 六. 齒輪模組以 1：6 能夠有較大的拉力及爬坡能力。馬達上的齒輪與車輪上的齒輪接觸點 **上下接觸**，可避免受到草莖或雜物影響。
- 七. 採用 **2 個超音波** 分別設定邏輯，能有效避障，擁有最佳割草路徑。



捌、參考資料

1. 陳智勇 (2011)。智慧型割草機器人之研究與設計研究成果報告(精簡版)。行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告。
2. DIY 電動割草機自動化之比較研究。引用自 <http://stanley2910.pixnet.net/blog/post/122352776-diy%E5%89%B2%E8%8D%89%E6%A9%9F%E8%87%AA%E5%8B%95%E5%8C%96%E4%B9%8B%E7%A0%94%E7%A9%B6> 。
3. Husqvarna 推出人工智慧型四輪驅動機器人割草機。引用自 <https://www.businesswirechina.com/hk/news/39880.html> 。
4. 《TÜV 萊因洞察》智慧割草機解放你的雙手。引用自 <http://www.tuvrblog.com/zh-tw/1037.html> 。

【評語】 082804

本作品製作一智能割草機，是一個兼具實用性與教育意義的作品。實驗中測量了電壓與馬達出力的關係，以及各種齒輪比所產生的車輛推進效果，為了能讓智能車在有坡度的草地上順利前進，逐步修改了車輛結構的設計，並以對各種齒輪實驗的結果，克服馬達扭力不足的問題。本作品有系統的針對遇到的問題進行實驗，獲得可用的解決辦法，成功的達到讓割草機在不平滑的草地上行走的目的。智能行為的部分，只設計遇到障礙退後、旋轉然後前進，可再探討割草機完整行進的路線設計，以達到自動割除整片草地；另外，呈現的作品中，超音波感測器只感測左方與前方障礙物，右邊無超音波感測器，無法感測右邊障礙物，應裝設右邊超音波感測器，讓作品更完整。

作品海報

壹、研究動機

每到夏天學校操場的雜草就會長的很長，工友叔叔需要經常割草，割完東邊，西邊又長了，而且工友叔叔高達63歲，體力不堪負荷，接近中午時間太陽又太大，有一次甚至割完草就立刻到醫院掛急診。我們想要幫助他減輕負擔，剛好學校正在教scratch，想要嘗試製作一台智能割草機，幫助工友叔叔割草。

貳、研究目的

- 一、認識校園雜草種類及各部位切斷所需的力。
- 二、製作能切斷雜草的割草機模組。
- 三、製作能在崎嶇的草地上行進的車輛模組。
- 四、應用智能晶片及感測器整合割草機及車輛模組製作割草機器人。
- 五、智能割草機器人能實際在草地上自主割草。



參、研究問題

- 一、校園內常見的雜草有哪些種類？切斷雜草各部位的力有何不同？
- 二、割草機的構造及運作原理是什麼？機器人割草機和一般割草機有何異同？
- 三、不同的打擊位置會影響打擊的力嗎？
- 四、相同的馬達在不同的電壓環境中會影響打擊的力嗎？
- 五、相同的電壓環境中，不同的馬達會影響打擊的力嗎？
- 六、哪一種割草模組有較佳的割草效率？
- 七、哪一種車輛模組能在崎嶇的草地上行進？
- 八、不同的齒輪比會影響割草車的拉力及爬坡能力嗎？
- 九、如何撰寫scratch程式控制機器人避障？

肆、研究設備及器材

- 一、刀片切台：木條、美工刀片。
- 二、工具：3D列印機、雷射切割機、電動起子、游標卡尺。
- 三、割草機：智高積木、木板(3mm及5mm)、螺絲。
- 四、智能模組：brain go、行動電源、超音波感測器、TT馬達。
- 五、軟體：123D design、inkscape。

伍、研究方法與結果

【實驗一】：校園內常見雜草有哪些種類？ 切斷雜草各部位的力有何不同？

(一) 研究步驟

1. 觀察操場常見的雜草，並採集6種。
2. 在不同部位畫上記號。距離根部最近的莖為①號點，依序往上間隔3~4公分的莖為②③，最上層的葉片為④。
3. 製作刀片切台、3D列印刀片加重盒，在刀片切台畫記4、8、12與最高點16.3公分的高度記號。
4. 觀察切割點形狀、直徑。
5. 將刀片以上述4種高度垂直下放，觀察切斷情形。
6. 刀片+盒子+電池，依序加重測試，到切斷為止(0代表完全切斷，X代表不完全切斷)。

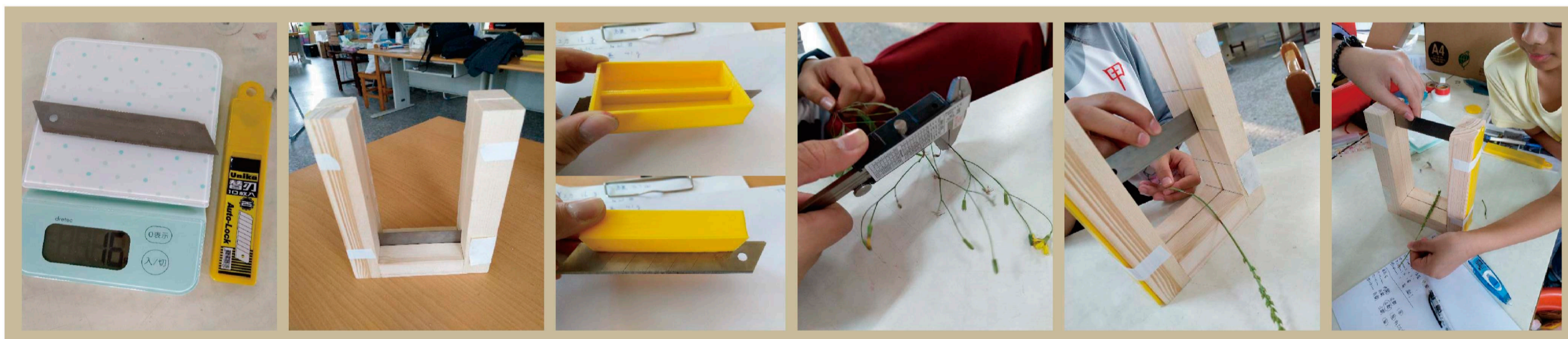


圖1. 刀片切台

圖2. 測量切割點直徑

圖3. 高8公分下切

圖4. 16.3公分下切

(二) 研究結果

1. 操場常見的雜草有：牛筋草、車前草、大花咸豐草、野茼菊、昭和草、紫背草。
2. 切斷高度6.5公分處的牛筋草最費力，切斷野茼菊最省力。智能割草機的刀片高度約距地面6~7公分。

【實驗二】：割草機的構造及運作原理是什麼？

(一) 研究步驟：收集相關資料並分析。

(二) 研究結果

共同構造：馬達(配電池)或引擎(配燃料)裝上刀片或牛筋繩。
智能割草機增加控制板與許多感應裝置，提升便利性與安全性。

我們的智能割草機設計：

- (1) 推車式設計。
- (2) 安全性智能設計：裝置超音波感測器，感應到前方有人或障礙物，車輪就要停止前進並轉彎。

表5. 市售割草機比較



手提式

馬達、充電電池、牛筋繩、刀片

背負式

引擎、燃料馬力較大牛筋繩、刀片

推車式

引擎、燃料馬力更大、刀片

智能割草機

馬達、充電電池、防碰撞、自動識別、避障

表1. 常見雜草列表

牛筋草	車前草	大花咸豐草
野菊	昭和草	紫背草

表2. 刀片高度4cm切斷雜草紀錄表

種類	切割點	切割點直徑(mm)	美工刀 16g	切痕描述	刀+盒子(41g)	切痕描述	刀+電池*2(75g)	切痕描述	刀+電池*3(92g)	切痕描述	刀+電池*4(109g)
牛筋草	1	2.29	x	表面	x	表面	x	1/4	x	3/4	o
	2	2.34	x	表面	x	表面	x	1/2	x	1/2	o
	3	1.53	x	表面	x	1/2	o				
	4	0.61	o								
車前草	1	1.92	x	3/4	x	快斷	o				
	2	1.75	x	3/4	o						
	3	1.8	x	表面	o						
咸豐草	1	2.87	x	1/2	o						
	2	2.39	o								
	3	1.48	o								
野茼菊	1	1.56	o								
	2	0.8	o								
	3	0.62	o								
昭和草	1	1.38	o								
	2	1.31	x	快斷	o						
	3	1.21	o								
	4	0.75	o								
紫背草	1	1.69	o								
	2	1.34	o								
	3	0.76	o								

表3. 刀片高度8cm切斷雜草紀錄表

種類	切割點	切割點直徑	美工刀	切痕	刀+盒	切痕	刀+電池*2	切痕	刀+電池*3	切痕	刀+電池*4
牛筋草	1	2.71	x	表面	x	表面	x	3/4	x	3/4	o
	2	2.48	x	表面	x	1/2	x	1/2	x	快斷	o
	3	3.12	x	無	x	快斷	o				
	4	2.61	x	表面	x	快斷	o				
車前草	1	1.75	x	表面	o						
	2	1.54	x	1/2	o						
	3	2.3	o								
咸豐草	1	2.14	x	表面	o						
	2	2.18	o								
	3	0.99	o								
昭和草	1	1.62	x	1/4	o						
	2	1.07	o								
	3	0.96	o								
	4	0.72	o	快斷							
紫背草	1	1.92	x		o						
	2	1.24	o	快斷							
	3	1.07	x		o						

表4. 刀片高度12cm切斷雜草紀錄表

種類	切割點	切割點直徑	美工刀	切痕	刀+盒
牛筋草	1	2.19	x	表面	o
	2	2.05	x	表面	o
	3	2.77	x	1/4	o
	4	1.74	o		
車前草	1	1.93	x	1/4	o
	2	1.67	o		
	3	2.27	o		
咸豐草	1	2.66	x	1/2	o
	2	2.57	x	1/2	o
	3	1.4	o		
昭和草	1	1.43	o		
	2	1.1	o		
	3	1.08	o		
	4	0.7	o		
紫背草	1	1.7	x	3/4	o
	2	0.97	o		
	3	0.55	o		

【實驗三】：不同的打擊位置會影響打擊的力量嗎？

(一) 研究步驟

1. 應用123D desig製作3D列印載具、2支8公分細鐵絲模擬割草機刀片，以木條製作簡易割草機台，以6V馬達配6V鉛蓄電池為動力。
2. 用智高積木做一台被打擊小車，打擊PP版上的紅色記號。
3. 在地板量測相對應台車的角度，並做記號。
4. 固定鐵絲拍打台車的位置，從0度角依序0、30、45、60、90測量台車被拍打後移動的距離。



圖5. 地板量角度做記號

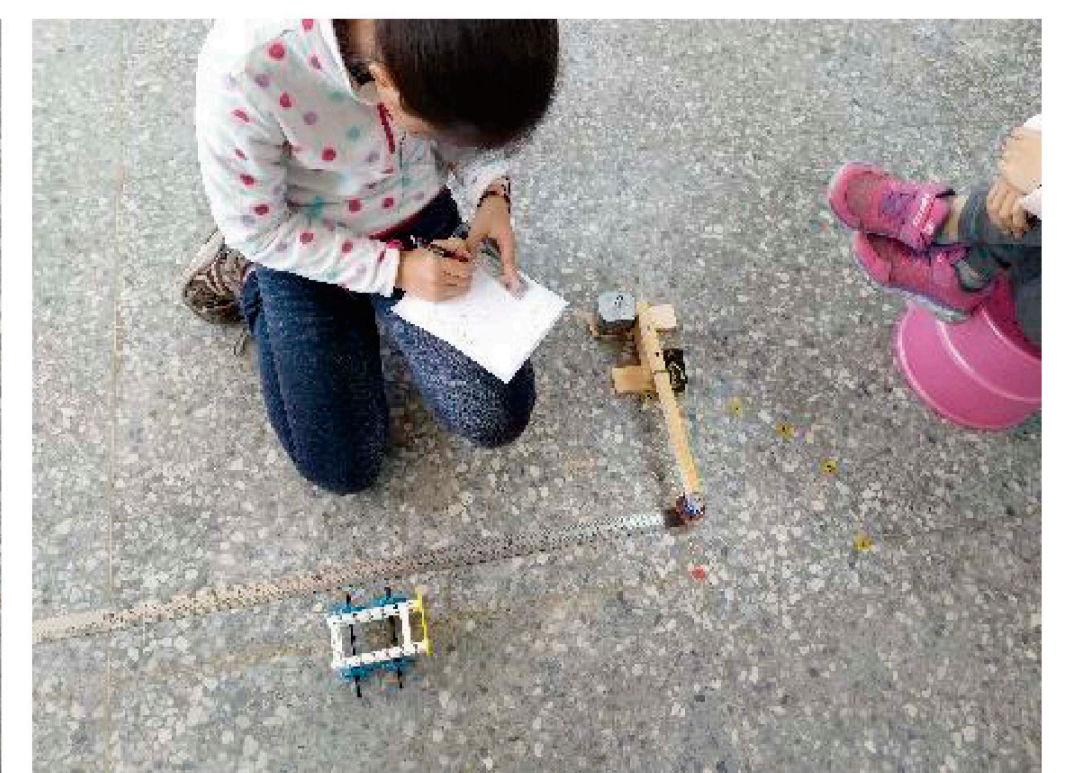


圖6. 記錄臺車移動距離

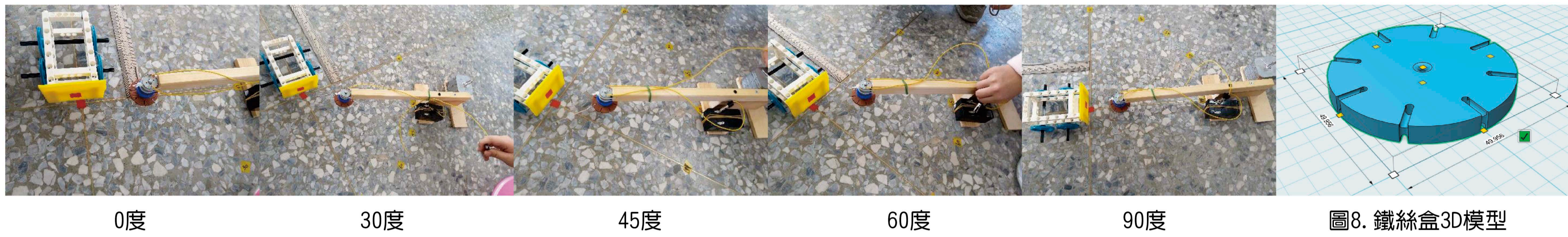


圖8. 鐵絲盒3D模型

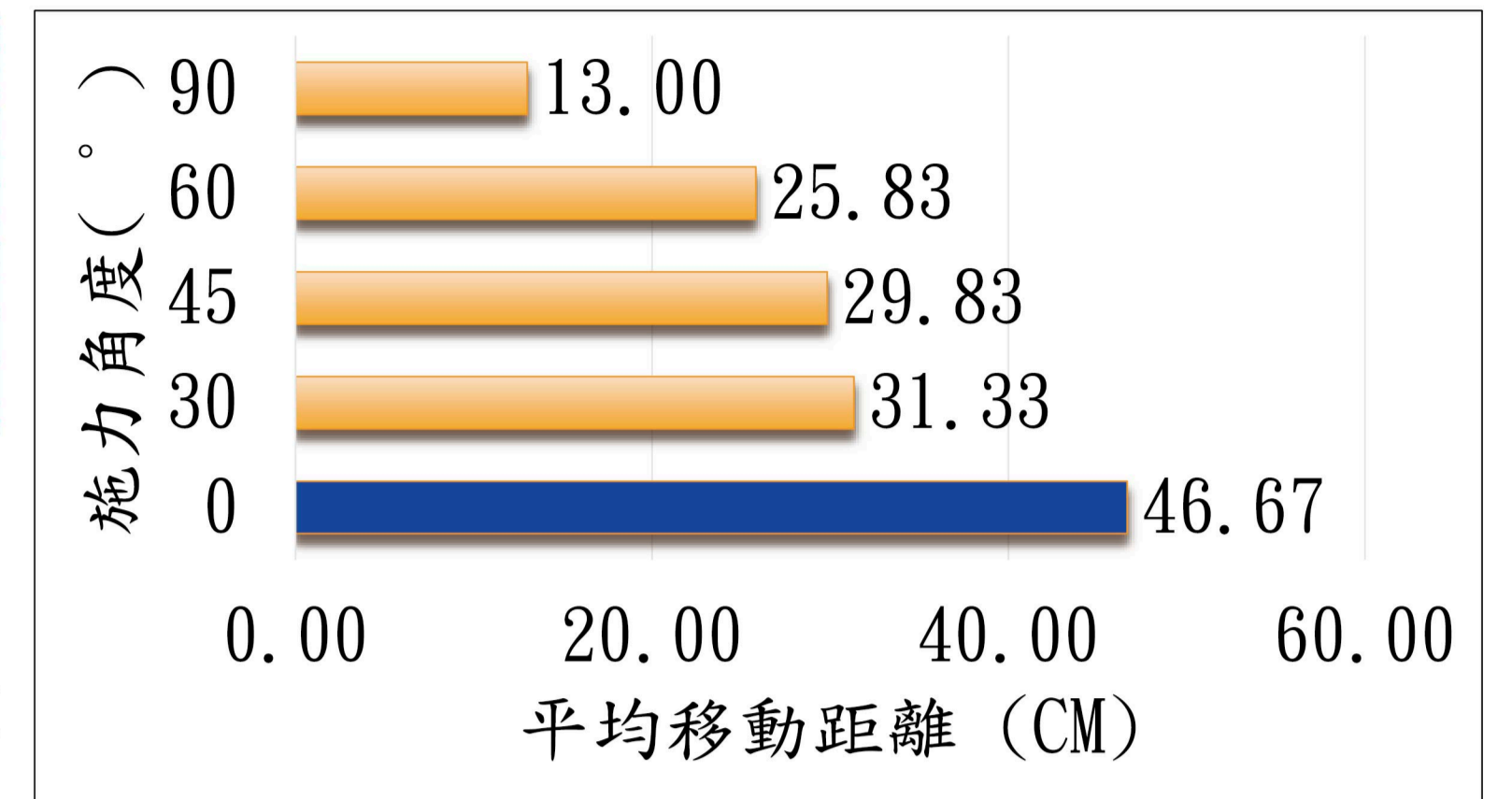


圖9. 施力角度與臺車移動距離直條圖

(二) 研究結果

鐵絲以0度角拍打小車，能施最大的力，小車移動距離最遠。隨著打擊位置角度越大，施力效果越小。所以割草機理想的割草方式，應從草的側邊割過去。

【實驗四】：相同的馬達在不同的電壓環境中會影響打擊的力量嗎？

- (一) 研究步驟：以3V、6V、12V馬達配合1.5V、3V、4.5V、6V、12V電池進行0度角打擊，測量車子移動距離。

- (二) 研究結果：12V馬達配12V鉛蓄電池，車子移動最遠，所以施力最大。相同的馬達在不同的電壓環境中會影響打擊的力量，隨著電池的電壓上升，打擊力量越大。

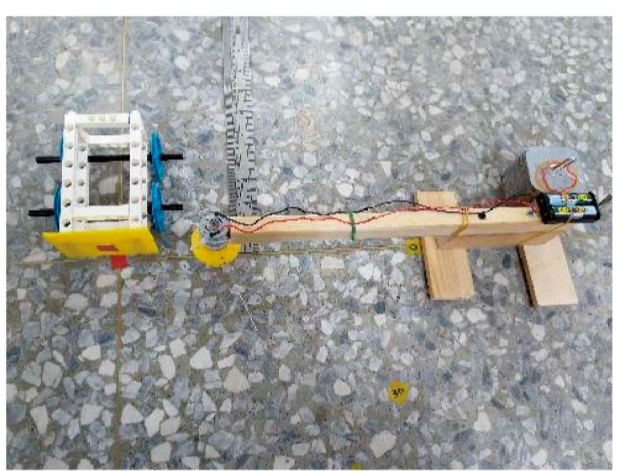


圖10. 12V馬達+3V電池

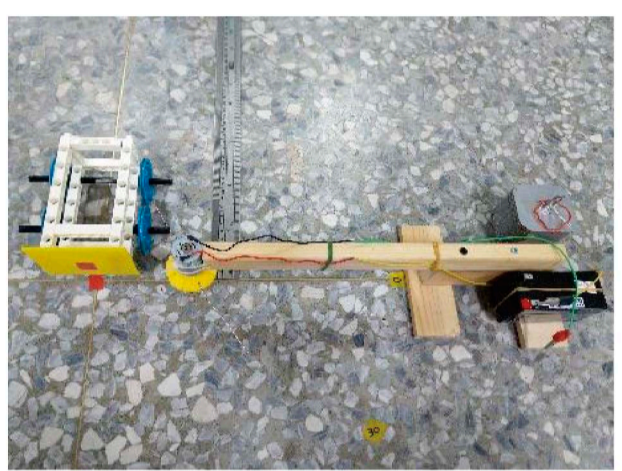


圖11. 12V馬達+12V電池



圖12. 測馬達空轉電流

表5. 不同馬達及電壓移動距離

電池	3V馬達			平均(cm)	馬達空轉電流
	車子移動距離(cm)	車子移動距離(cm)	車子移動距離(cm)		
1.5V	推不動車0	推不動車0	推不動車0	0	0.14A
3V	13	12.5	12.4	12.63	0.20A
4.5V	22.5	21.6	22.5	22.20	0.25A
6V馬達					
1.5V	13	13.5	13.5	13.33	16.2 mA
3V	20.5	20	18.5	19.67	16.9 mA
4.5V	35.5	31	32	32.83	18.6 mA
6V	46	45	49	46.67	19.7 mA
12V馬達					
1.5V	馬達沒動0	馬達沒動0	馬達沒動0	0	100.7 mA
3V	24	22	23.4	23.13	38 mA
4.5V	31	29.5	31	30.50	46.6 mA
6V	50.5	45.5	47	47.67	60.7 mA
12V	85	91	87.5	87.83	144.6 mA

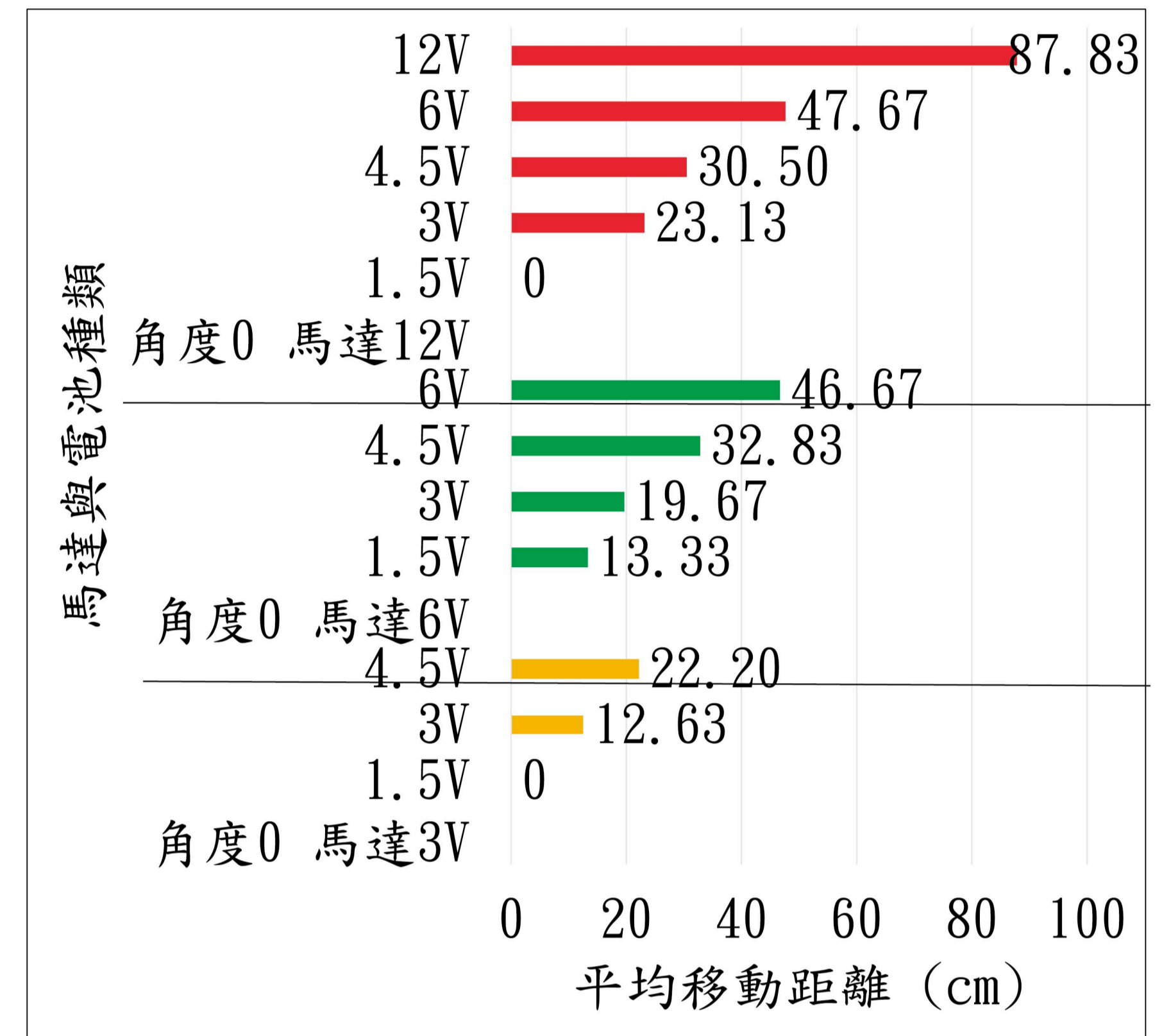


圖13. 不同馬達及電壓擊打的移動距離

【實驗五】：哪一種割草模組有較佳的割草效率？

(一) 研究步驟

1. 利用123D desig設計割草模組3D圖，分別以寬版美工刀片及鐵絲進行設計。
2. 採用12V馬達及12V電池，觀察實際割草結果。

(二) 研究結果

1. 鐵絲盒只能將草打折，不能切斷；美工刀盒可將雜草切斷，連接近地面的莖部也能切斷。
2. 靠近地面有可能會噴濺砂石。

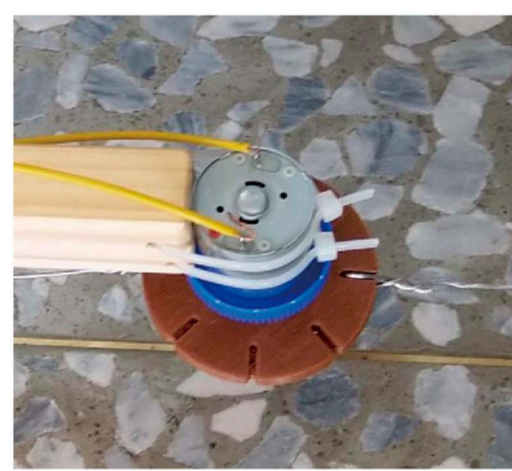


圖14. 鐵絲盒

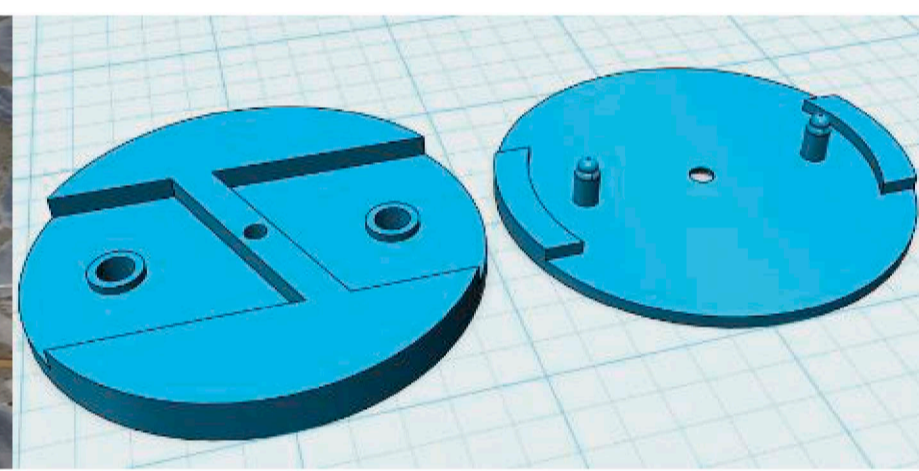


圖15. 美工刀盒3D

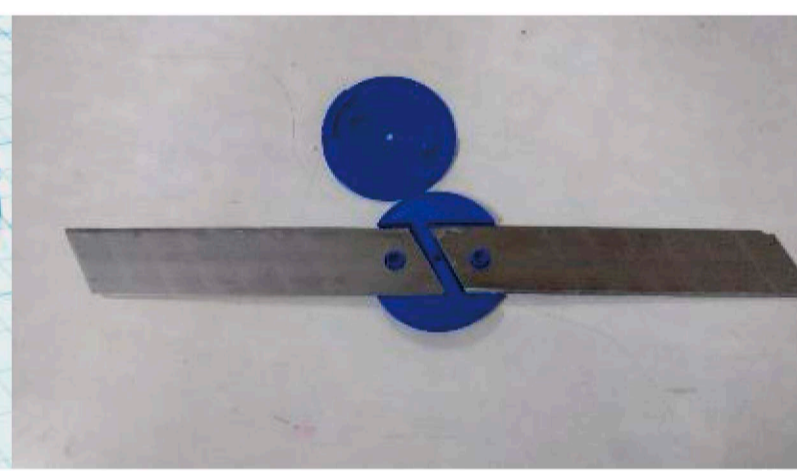


圖16. 美工刀盒



圖17. 實際割草情形

【實驗六】：哪一種車輛模組能在崎嶇的草地上行進？

(一) 研究步驟

1. 以BRAIN GO模組為基底，分別製作不同的車輛模組，逐步改良。
2. 車輛馬達以雙軸TT馬達(直流減速，減速比1:48)為主，電源為4.5V的行動電源。
3. 觀察在草地上的行進結果。

(二) 研究結果

1. 在草地上測試BRAIN GO智能車發現輪胎無法接觸地面所以會空轉。
2. 拆解智能晶片(以ATmega 328P做為核心，整合H橋電機驅動組、蜂鳴器、LED燈、藍牙模組等的Arduino整合板)及tt馬達。
3. 加上預計的智能晶片、電池及感測器(沒有功能只是預估重量)在平地可以前進，但在草地上無法前進，推測帶動輪太小，會陷入草中。
4. 繪出大小車輪模型，小車輪在草地上無法移動。
5. 裝上大車輪後，可能車輪太重，所以無法在草地上移動。
6. 將前輪改成光碟片，增加車輪半徑，驅動車輪改成光碟片+8根冰棒棍，可以驅動車輛在草地上前進。
7. 加上刀片模組進行測試，發現重量不平衡，容易在行進中翻倒。
8. 延長車架，將刀片模組放在中間，在草地上可以前進，但是刀片模組很重，導致積木變形，刀片太低會捲入雜草莖，使車輛停止運作。
9. 考慮到車架的穩定性及未來轉彎的可能性，將車架換成木條，前輪由雙輪換成單輪(光碟片)，拆解指尖陀螺的軸承加入光碟片中，使運轉更滑順。
10. 使用Inkscape繪製齒輪及齒輪板：小齒輪20齒、大齒輪60齒，輪齒大小為5mm，壓力角30度。
11. 雷切齒輪及齒輪板。
12. 齒輪板及齒輪成品。
13. 製作直徑15cm的雷切車輪。
14. 齒輪比1:3的木製車架可在草上前進，且可以爬坡度約10度的坡面。

圖18. 車輛模組改良流程圖

【實驗七】不同的齒輪比會影響割草車的拉力及爬坡能力嗎？

(一) 研究步驟：

1. 用Inkscape繪製15齒、30齒、45齒、60齒、75齒、90齒的齒輪(輪齒大小為5mm、壓力角30度)繪製齒輪板。用雷切機裁切5mm厚木板製作齒輪及齒輪板。
2. 裁切3mm厚木板製作直徑20cm的「有腳木車輪」當作「驅動車輪」，前輪則裁切直徑25cm的圓形木輪。更換不同齒輪組，使齒輪比為1:2、1:3、1:4、1:5、1:6，在平面上安裝拖重台，紀錄拖行重量。
3. 分別在坡度10度、20度、30度斜坡草度進行爬坡測試。



圖20. 拉力實驗可拖動1.5公斤

改良後割草機

木製前輪

木車輪用軸軸當圓心

將襯底齒輪與木車輪用螺絲固定

(二) 研究結果：齒輪比越大，拉力越強，可爬上30度的草坡。

健康中心旁草地(坡度約10度) 辦公室後草坡(坡度約20度) 辦公室前草坡(坡度約30度)

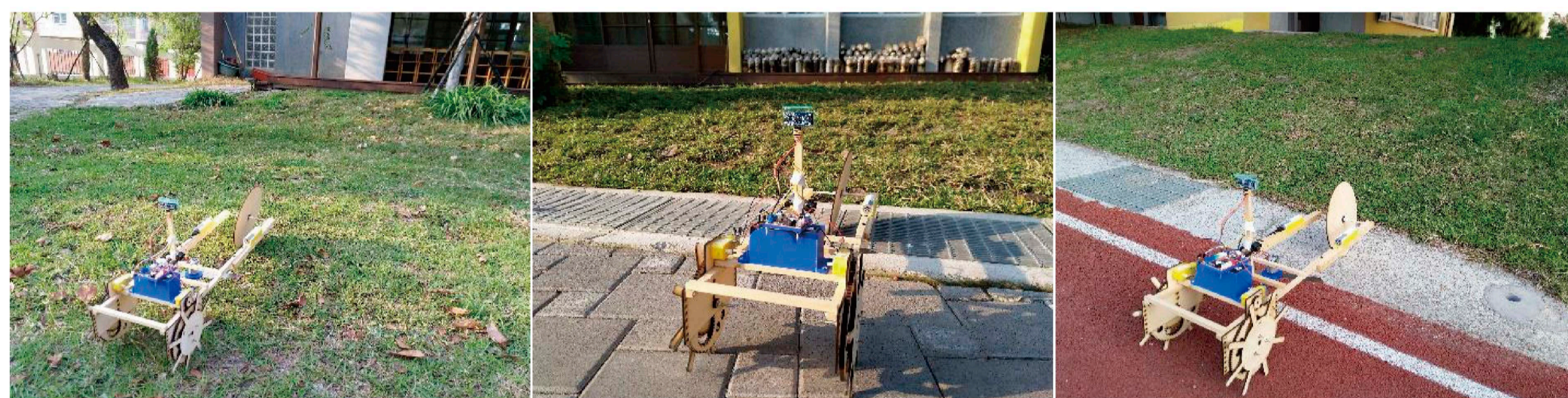


圖20. 爬坡實驗

表6. 拉力實驗紀錄表(單位：公克)

齒輪比	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6
第1次	600	800	1000	1200	1500
第2次	500	700	900	1300	1400
第3次	600	800	1100	1200	1400
平均	566	766	1000	1233	1433

表7. 爬坡紀錄(需前進1公尺)

坡度/齒輪比	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6
健康中心旁草地(坡度約10度)	0	0	0	0	0
辦公室後草坡(坡度約20度)	X	X	X	0	0
辦公室前草坡(坡度約30度)	X	X	X	X	0

【實驗八】如何撰寫scratch程式控制機器人避障？

(一) 研究步驟：

1. 畫出邏輯圖。
2. 用NCUE BRAIN GO 寫scratch 程式。
3. 上傳到智能晶片，驗證是否能在草地上割草並避障。

(二) 研究結果：一開始先設定單個超音波偵測到<90公分就必須停止，但是這樣就不能躲避障礙，接著改成左右各一個超音波，偵測到<90公分就必須後退及轉彎。但是，轉彎只能固定方向不能依現場處理。改成雙超音波，分別設定偵測到<90公分會進行不同的轉彎路徑。

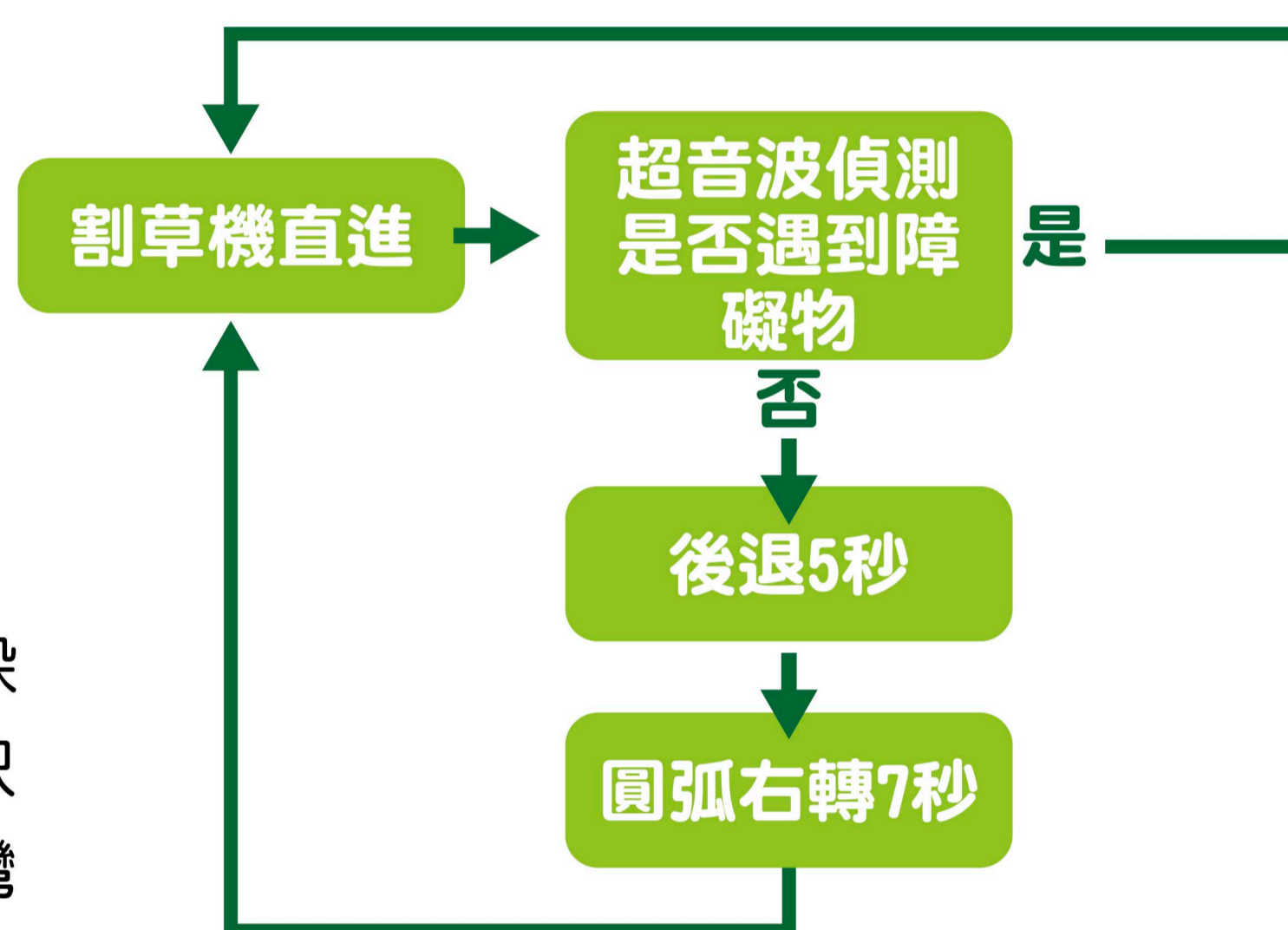


圖21. 避障車設計邏輯圖



圖22. 設定一個超音波偵測，<90公分就要停止。

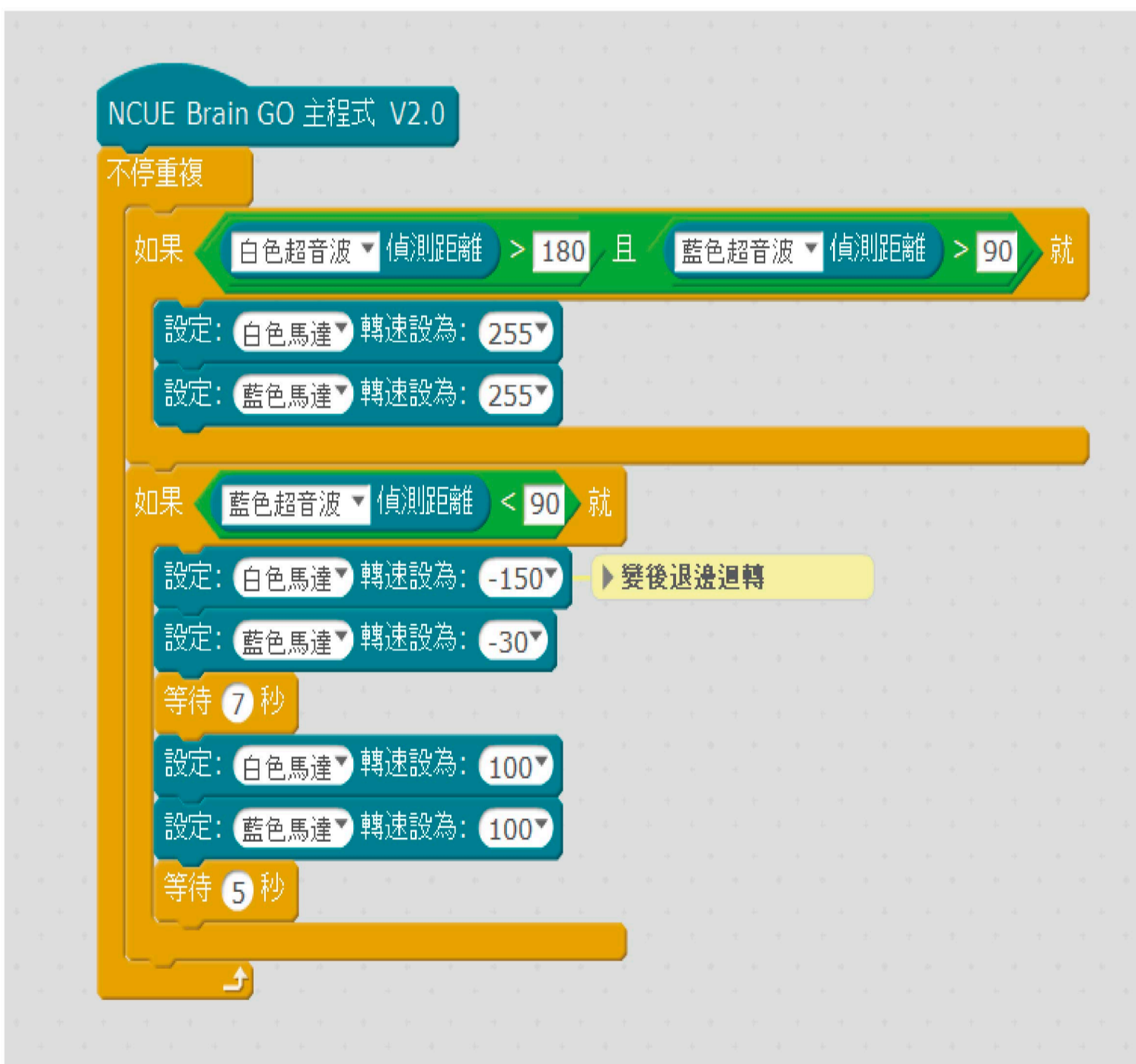


圖23. 設定2個超音波偵測，<90公分就要後退旋轉，7秒後再前進。



圖24. 為解決草太密集不好割斷的問題，設計直線前進4秒後，後退2秒，將草再次割除，並加入蜂鳴器作為警示。

陸、討論

- 一、從實驗得知鐵絲以0度角拍打小車，小車移動距離最遠，代表0度角拍打小車能施最大的力。割草機刀片切割雜草，應從草的側邊割過去。
- 二、相同的馬達在不同的電壓環境中會影響刀片切割的力量，隨著電池的電壓上升，切割力量越大。12V馬達配12V鉛蓄電池，施力效果最好。
- 三、經過不斷地改良，研發出車架模組，發現在草地上的車輪要有突起，才能深入草地中，車輪才能受力。雷切齒輪模組以1:6能夠有較大的拉力及爬坡能力。馬達齒輪與車輪齒輪本來是水平接觸，後來改成上下接觸，因為水平接觸太低，匍匐草莖捲入齒輪中卡住，上下接觸點比較高，不會卡住。
- 四、單個超音波感測器會無法有效避障，須採用2個超音波分別設定邏輯，這樣才能有最大面積路進行割草。

柒、結論

- 一、因為高度6.5公分處的牛筋草最難切，且地面不平會有石頭，所以刀片高度在大約6~7公分處比較不會打到地上，使石頭飛起。
- 二、智能割草機設計為推車式設計及安全性智能設計。
- 三、不同的切割位置會影響切割的力量，隨著角度越大，施力效果越小。
- 四、12V馬達配12V鉛蓄電池，施力效果最好。
- 五、車輪要有突起，才能深入草地中，這樣車輪才能受力。需考量因應地形的穩定性。前輪越大，遇到坑洞可以直接通過。
- 六、齒輪模組以1:6能夠有較大的拉力及爬坡能力。馬達上的齒輪與車輪上的齒輪接觸點上下接觸，可避免受到草莖或雜物影響。
- 七、採用2個超音波分別設定邏輯，能有效避障，擁有最佳割草路徑。