



107-2 臺大機械系機械工程實務學期成果

HMA 10 李昱揚 林冠宇 林楚鈞 許定為 曾柏翰



輕盈 全車僅重1055g，較一般組別減少33%

流線 流線型車體與高風扇設計，模擬總風阻係數僅0.11

力量 風扇推力0.834N，0-100cm/s僅需12.5秒

敏捷 阿克曼轉向搭配一煞即停的制動，使車輛運動性能極佳

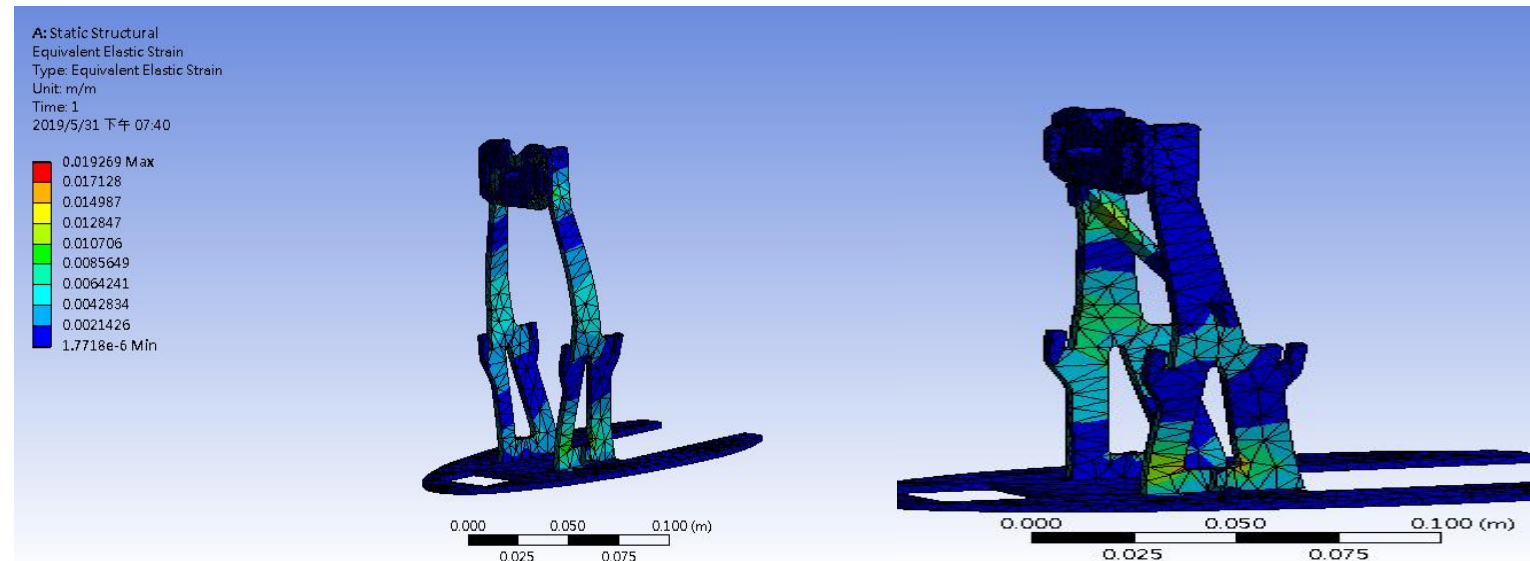
精準 視覺與紅外線超音波雙系統循跡，依場地需求隨時改變

品名	數量	小計	品名	數量	小計
PLA-3D 列印用材	若干	0	網路攝影機	1	120
200*300密集板	2	50	M3 培林	6	90
3S 1300mAh鋰聚合物電池	1	417	彈簧	4	4
電子變速器 40A	1	330	尼龍螺母(防鬆螺母)	10	10
10A 18650電池	1	140	M3 8mm螺絲	10	0
18650 5V升壓模組	1	49	M3 50mm半牙螺絲	5	25
A2212 1000 kV無刷馬達	1	180	*控制板不列入計算	總計	2010
SG90伺服馬達	2	160	控制板	數量	小計
麵包板	1	15	Arduino Mega	1	240
HC-SR04 超音波模組	3	240	Arduino Nano	1	100
TCRT5000 紅外線模組	6	180	Raspberry Pi 3b+	1	1290

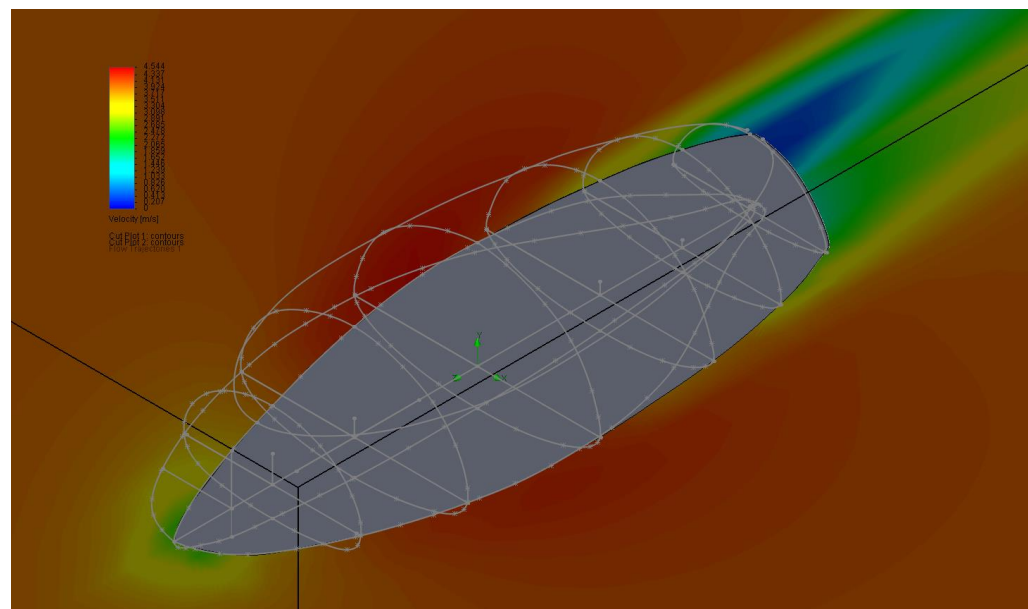
車體與車架

外型設計仿效有史以來風阻係數最低的車體 - Eco-Runner Team Delft: Ecorunner V - 期許透過此設計降低空氣阻力。車架更整合了所有可能用到的感測器：包括相機、超音波測距器以及兩種紅外線感測器，使我們的控制有更多選擇。

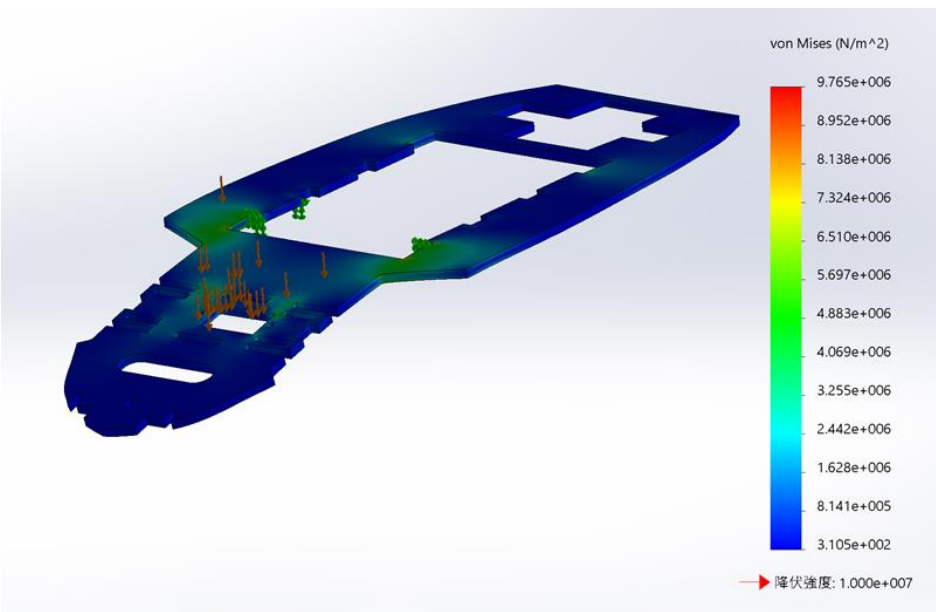
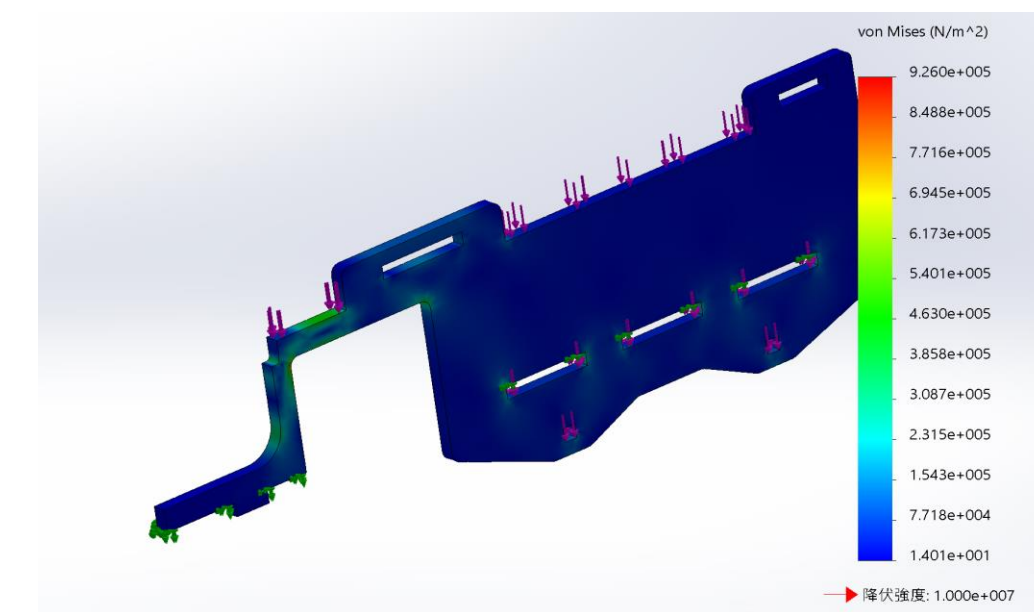
另由於風扇架幾何較為細長，其共振頻率與馬達震動極接近，故有更新設計提高支架共振頻率。



▲ 利用ansys的static structure套件，設定邊界條件為：底板，fixed suport. 馬達軸處，837.758 rad/s。

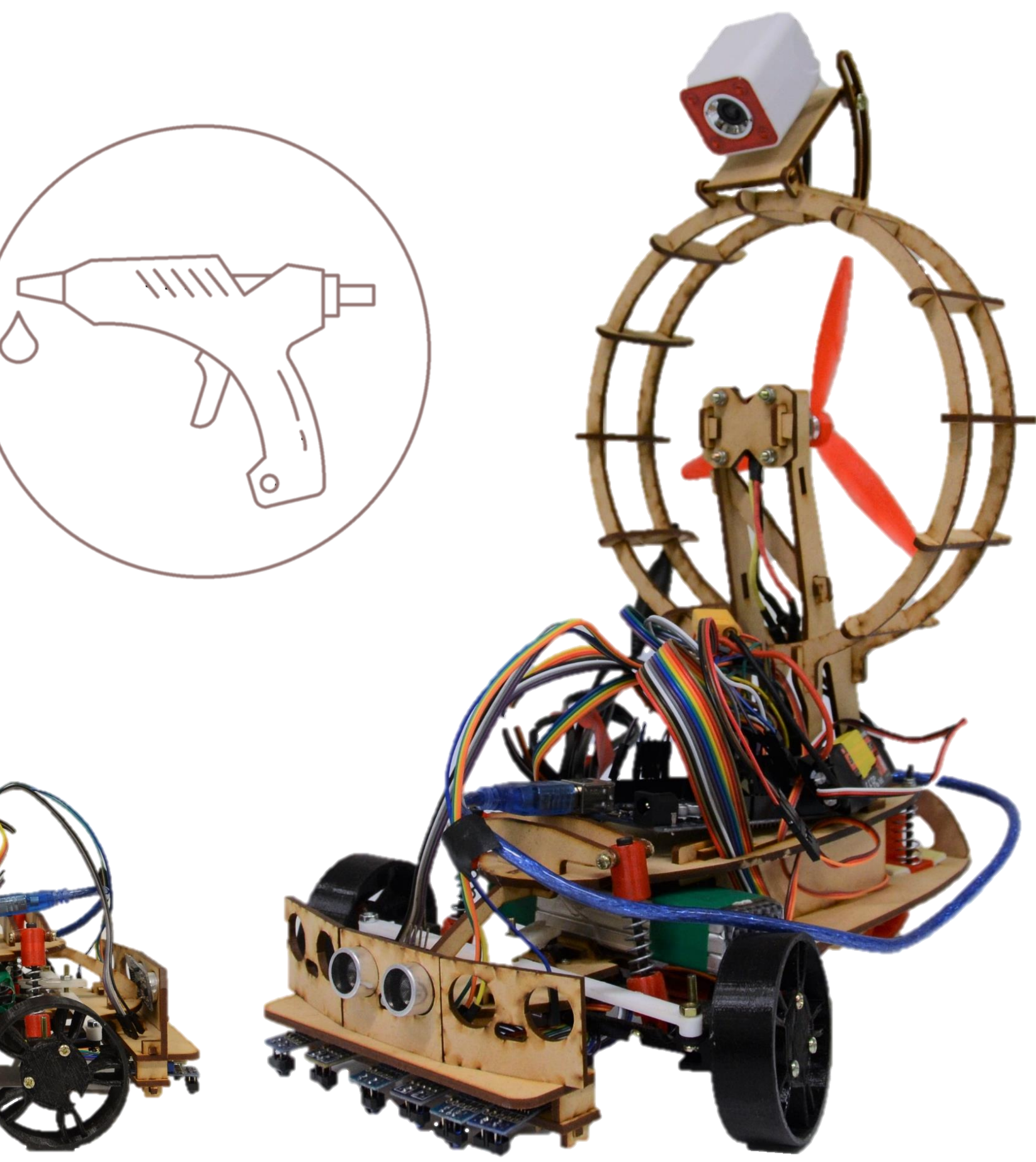
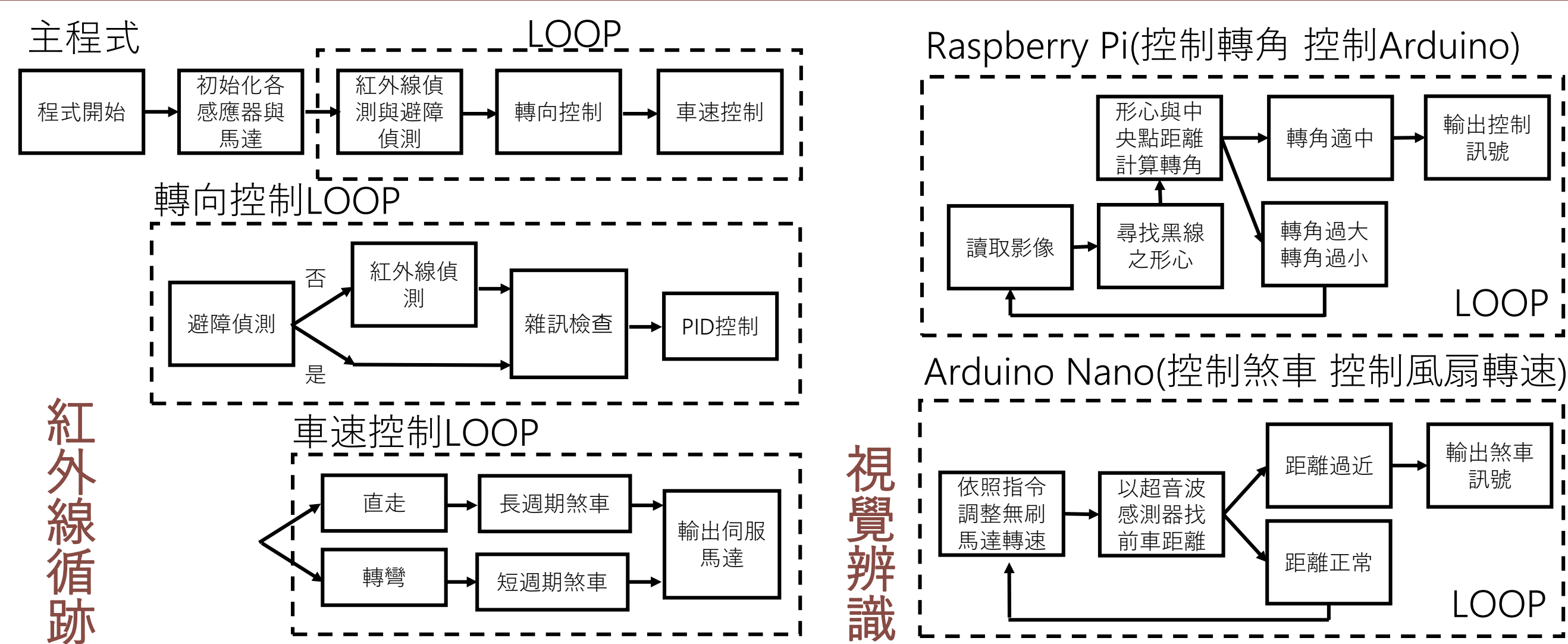


▲ 以Solidworks 模擬車體流場速度分布，藉此得阻力係數為0.11。



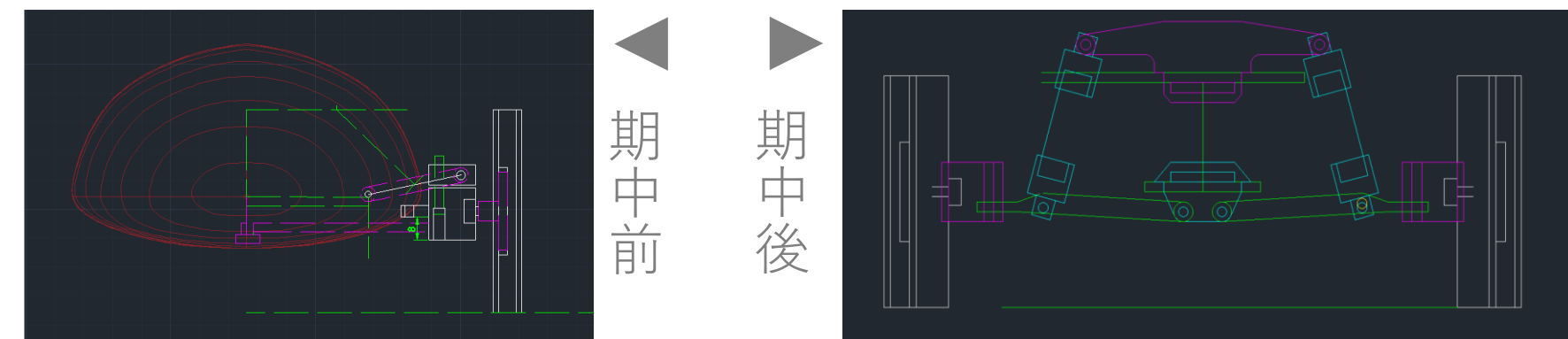
▲ 車身立板與底板應力分布之情形，並可觀察車體形變情形（變形經放大10倍顯示）。

控制邏輯



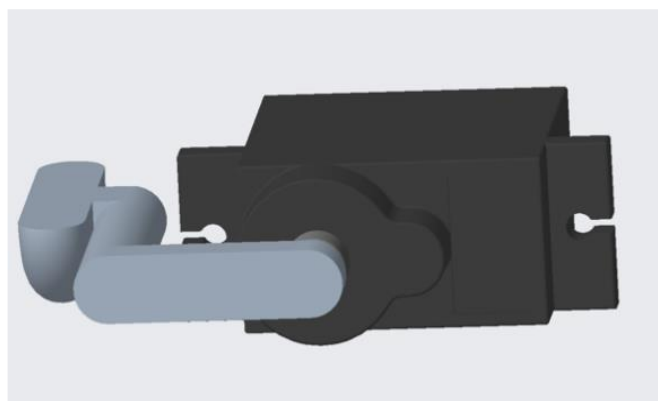
轉向與懸吊

轉向和懸吊是生而為車的重要設計。由於期中的懸吊過軟轉向也太佔空間，期中之後我們改採麥花臣式懸吊，藉此簡化結構並增加車體剛性；轉向方面則是以阿克曼轉向機構為基礎，再稍微變化轉向幾何使車子的轉向角增加，此作法尤其在我們較長的軸距設計下非常有利。而期中之後，我們以同一組轉向幾何，縮短桿長並移至下板上方，挪出空間以放置感測器的線路。



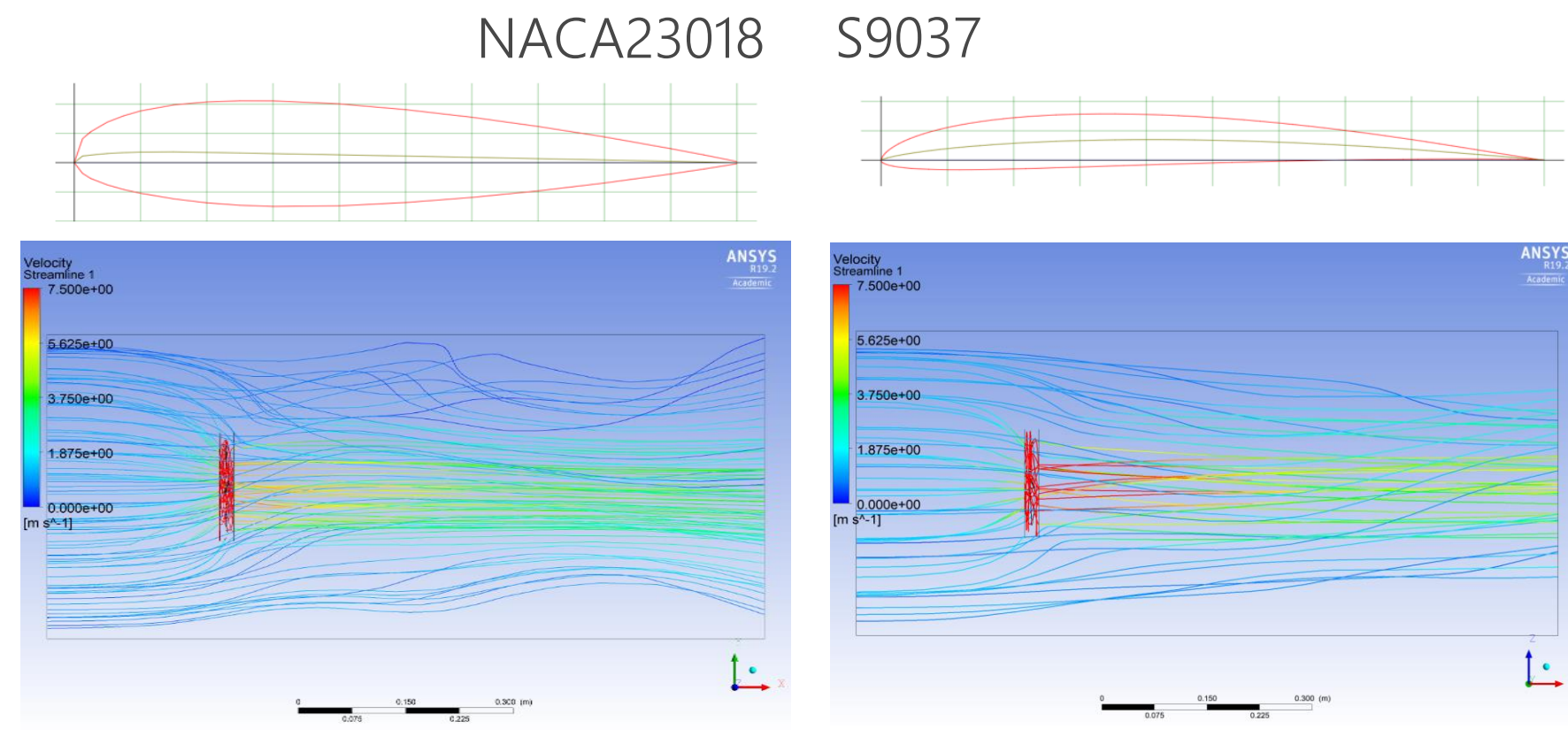
制動系統

剎車是車輛最重要的安全部件。為求煞車結構簡單，我們採單後輪的設計，如此摩擦後輪就能得到立即的煞車反應。另煞車皮使用泡棉材質的防撞條，令控制端有機會控制煞車的力度。



風扇

第一代的風扇設計採用經典翼型-NACA23018直接繪製而成；在查詢相關文獻後，有鑑於氣動車的運動環境屬於低雷諾數環境，因此選擇使用適合低雷諾數表現的翼型-S9037設計出第二代風扇，並配合工程軟體FLUENT作為設計時的粗略驗證：在相同的邊界條件下，第二代風扇確實比第一代風扇有更好的推力表現。



部件介紹

成車分析

製造

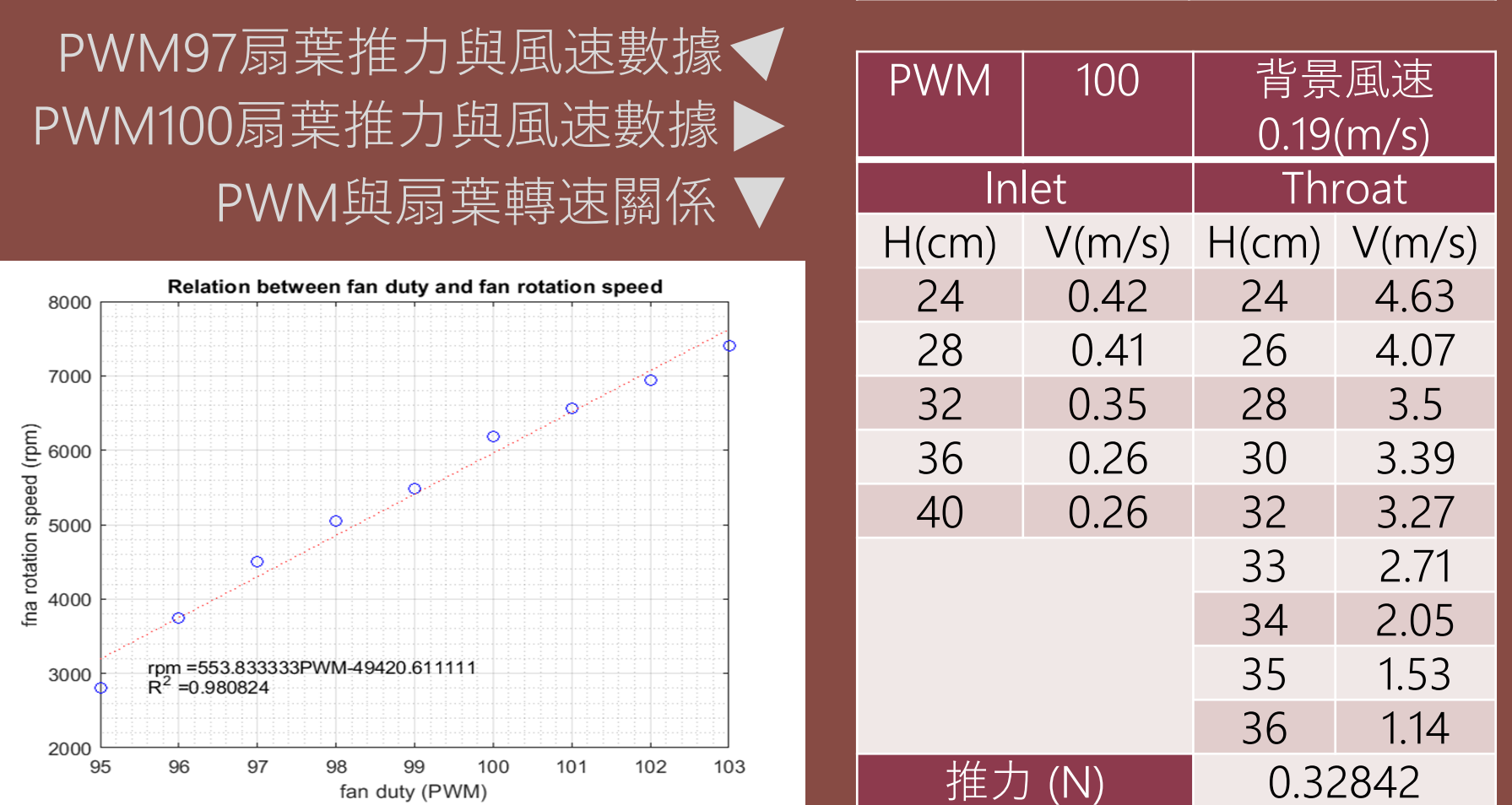
零件可分成二維與三維兩種：二維板材零件以Universal機台加工3mm密集板而成，三維零件則是以Kingsssl 3D列印機與PLA線材製造。針對二維密集板我們列出重要零件：紅外線支撐架與前懸吊架驗證其製造誤差；三維部分則著重於扇葉，測量方法為量測投影面回推扇葉幾何。

半徑(mm)	15	21	27	33	39	45	51	57	63	69	75
設計弦長(mm)	13.0	13.9	14.7	15.3	15.5	15.0	13.9	12.5	10.8	9.0	6.8
實際弦長(mm)	12.1	13.2	14.1	15.0	14.3	13.7	12.9	10.6	9.0	6.8	X
誤差(%)	6.92	5.18	4.15	1.96	7.74	8.67	7.19	15.20	16.67	24.44	X
設計槳葉角(deg)	21.002	17.099	14.887	13.467	12.478	11.752	11.194	10.754	10.398	10.103	9.855
實際槳葉角(deg)	20.98	20.08	18.52	18.85	18.05	18.56	19.07	21.67	24.07	31.21	X
誤差(%)	0.1	-17.47	-24.04	-39.95	-44.64	-57.94	-70.37	-100.98	-131.48	-208.93	X

風洞實驗

利用可視化流場方法確定被風扇所影響的控制容積範圍，再以動量守恒的方式回推風扇之推力大小。其中入口處與出口處的風速乃是用熱線風速計量測。

不同於拉力實驗，本實驗目的為了解車輛運作過程中常用風速功率(PWM=97、100)的風扇推力，與詳細風場分布情形。



摩擦力&抓地力實驗

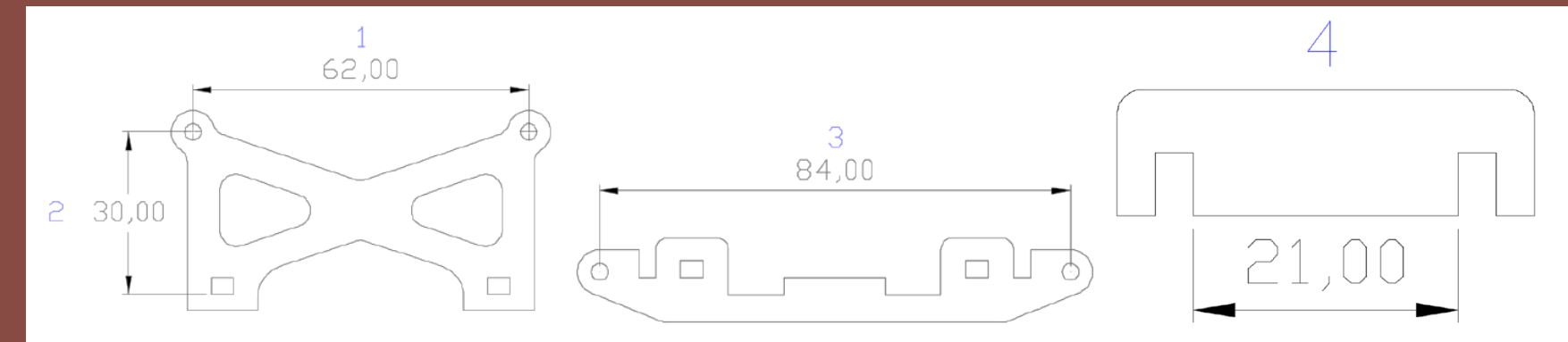
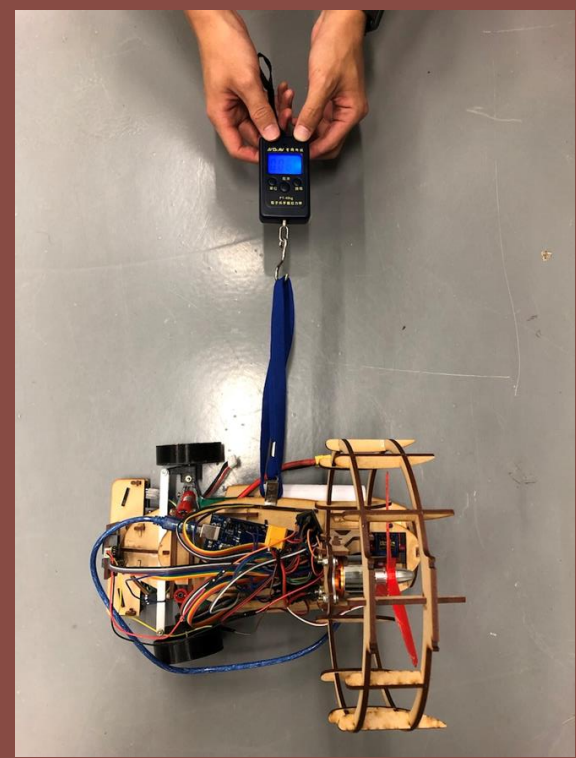
摩擦力實驗以車輛在木板上自由下滑的方式，測量其軸承與車身內部缺陷產生的摩擦；抓地力實驗乃是為了檢視車輛的抓地性能：我們將車子橫放，以精度為5g的電子彈簧秤拉動，並對地板及坡道分別進行實驗。

抬升高度(mm)	μ_s
18.25	0.0304
25.78	0.0403
16.2	0.0270
20.02	0.0334
14.3	0.0238
平均摩擦係數	0.0315

	地板	斜坡
橫向最大靜摩擦力 (kgw)		
Test1	0.195	0.455
Test2	0.25	0.455
Test3	0.25	0.535
Test4	0.25	0.545
Test5	0.275	0.54
Average	0.244	0.506
車體重量	1.205kg	
摩擦係數	0.202	0.420



► 摩擦力實驗
► 抓地力實驗



編號	設計尺寸	實際尺寸	誤差
1	62mm	61.81mm	-0.3%
2	30mm	30.23mm	0.77%
3	84mm	83.89mm	-0.13%
4	21mm	20.8mm	0.95%

拉力實驗

彈簧秤一端繫於椅腳，一端繫於車上，並以不同的PWM訊號驅動風扇觀察推力與轉速的關係，其中彈簧秤是數位型，於出廠時已經校正。

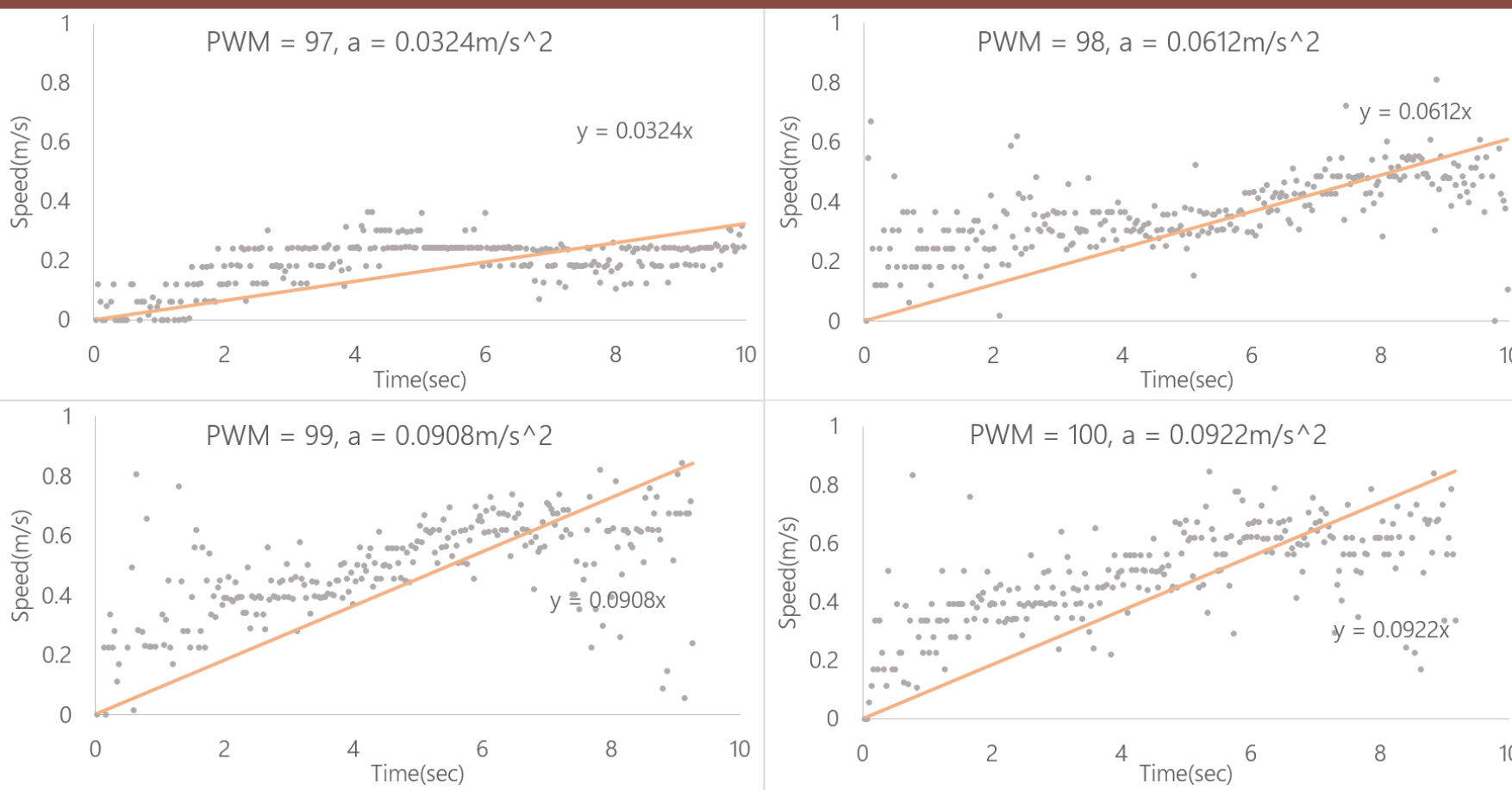
與風洞實驗不同，本實驗旨在找到風扇的最大推力為何。

PWM	推力 (N)	加速度 (m/s^2)
105	0.540	0.052
106	0.540	0.052
108	0.540	0.052
110	0.834	0.080
115	0.834	0.080
120	0.834	0.080

加速度實驗

利用相機紀錄車輛移動過程並將拍攝到的影像調光修飾後，以各張照片中白色電池盒形心位置定位車輛，再根據相機錄影的幀數與照片中之比例尺得知車輛的位置與時間之關係，進而繪出車輛的V-t圖。

與拉力實驗不同，本實驗的加速度包含循跡時車輛扭擺造成的影響，並將推力區間集中於常用範圍(PWM97-PWM101)。



不同PWM之加速度 ▲



林冠宇	曾柏翰	許定為	林楚鈞	李昱揚
車架設計 視覺模組設計	風扇設計 成車實驗	控制模組設計 機電整合	前懸吊設計 轉向系統設計	制動系統設計 視覺模組設計