

國立中興大學機械工程學系
機械設計與製作專題

自動變形輪履車

授課老師:陳任之

組 員:4107061024 陳映汝

4107062107 吳晨仕

4107064151 童凱廷

報告日期: 110 年 10 月 27 日

目錄

(一)摘要.....	4
(二)研究動機及目的.....	4
(三)文獻探討.....	5
(四)專題架構與分工.....	10
(五)進度.....	10
(六)預期規畫.....	20
(七)甘特圖.....	21
(八)參考資料.....	21

圖目錄

圖 1 摩擦係數與煞車力係數峰值圖[3]	5
圖 2 輪體切割式變形示意圖[2]	6
圖 3 伸縮履帶式變形示意圖[2]	6
圖 4 平面式變形示意圖[4]	6
圖 5 履帶折疊式示意圖[18]	7
圖 6 輪框變形式示意圖[19]	7
圖 7 馬達分類.....	7
圖 8 馬達電流、扭矩、速度關係圖[14]	8
圖 9 Codebook 影像遮罩範例[17].....	9
圖 10 HSV 顏色遮罩範例[18]	9
圖 11 ROS 訊息溝通機制[19].....	9
圖 12 專題架構圖	10
圖 13 輪框變形機構示意圖[19]	10
圖 14 履帶式 Solidworks 模型	11
圖 15 輪式 Solidworks 模型	11
圖 16 輪框變形機構模型	11
圖 17 輪式連桿長度計算	12
圖 18 履帶式連桿長度計算	12
圖 19 軸上自鎖機構 Solidworks 模型	13

圖 20 軸上自鎖機構實體模型	13
圖 21 多軸自鎖機構 Solidworks 模型	14
圖 22 多軸機構 Solidworks 模型	14
圖 23 Shifting Gear 齒輪組 Solidworks 模型	15
圖 24 伸縮傘齒輪組 Solidworks 模型	15
圖 25 多軸自鎖機構實體模型	15
圖 26 影像辨識流程圖	17
圖 27 hsv 值測定.....	17
圖 28 三種顏色辨識回傳	18
圖 29 三種顏色辨識回傳程式碼	18
圖 30 CS60-150C5AE 伺服馬達.....	18
圖 31 控制架構圖	19
圖 32 控制器與馬達配線圖	20
圖 33 甘特圖	21

表 目 錄

表 1 成品規格表	4
表 2 地形選擇與緣由表	16
表 3 伺服馬達規格表	19

(一)摘要

為克服車子在自然環境中行駛上的困難，本研究欲探討自動偵測不同的地形的方法，並依輪子及履帶與該地形的適用性做兩者間的切換。本研究將以抓地力與扭力的偵測以及 AI 影像辨識來識別地形並將此作為輪履切換的依據。最後做出一台變形輪履車，驗證研究結果。預期此技術可以應用在越野、救災及軍事方面。

(二)研究動機及目的

1. 研究動機

一般而言車輛行駛的驅動方式有兩種，分別為輪式及履帶式。輪胎驅動較之履帶有速度較快、耗能較小、壽命較長等優點，因而在市面上廣泛地被使用。在都市的柏油路上行駛，輪胎可以說是適得其所，但若要在沙地、泥濘、陡坡上行駛則時常因抓地力不足而打滑，輪胎亦可能陷入沙地及泥濘中，造成行駛上的困難甚至引發危險。而履帶擁有高抓地力的特性以及與地面接觸之表面積遠大於輪胎的特性可克服此問題。

為解決此問題，前人欲將輪胎與履帶結合，研製出多種手動輪履切換的機構，卻都未投入市場大量生產，可見此機構必有缺失，我們欲探討現有機構劣勢為何，盡己所能加以改善，並增加自動判斷輪履切換的機制，使行駛過程更順利，消除人為判斷可能會有的疏失。

2. 專題目的

製作一台可因應不同地形，自動切換履帶及輪子自動變形輪履車。預期以輪履切換的方式，使車輛速度較未切換時快，減少油耗，且不會產生因打滑無法動彈的窘境，以此使行駛效率最大化，並使其二者可各顯所長，且消除各自之劣勢。

3. 成品規格

表 1 成品規格表

參數	規格
車體尺寸	30*40*10cm ³
車體材料	鋁擠型、壓克力
車輪半徑	10cm
輪式最高速	3m/s
履帶式最高速	2m/s

(三)文獻探討

1.抓地力的影響

A.輪履適用性

由文獻[5]可知因輪子較之履帶，速度快、耗能小、壽命長，我們希望在行駛過程中盡可能維持輪子的型態，而在之期間若發生打滑的現象，即輪子抓地力不足我們就需切換成履帶。而如何判斷車子的抓地力是否足夠則是以輪子的轉速來判斷。

履帶因其與地面接觸面積大，遇到鬆軟地形不易下陷，且履帶版上有花紋並能安裝履刺，以至於履帶在抓地性能上的優勢高於輪胎，應可克服輪胎在低磨擦係數之地形易打滑的劣勢。

B.車子行進與打滑

由文獻[1]可知車子行進是依靠傳動系統將發動機的動力傳到車輪後，藉助於地面的反作用力所產生的驅動力來行駛，當行駛阻力固定，驅動力愈大所產生牽引力愈大。但是其牽引力可達的最大值除了會受發動機與傳動系統的影響，亦取決於車輪與路面的特徵。

設以發動機輸出之轉矩為 P_1 ，以路面之抓地力所決定之牽引力為 P_2 ，則保證輪胎不打滑的條件為 $P_1 < P_2$ ，反之則打滑，牽引力急遽下降。

C.不同地形之抓地力

由文獻[3]可知相同的車輪在不同地形之地面會有不同的摩擦係數，相對地也會影響輪胎之抓地力。

以下為胎壓 0.21 MPa，負載 5392N，行駛速度 65Km/h 之條件下，不同靜摩擦係數下的煞車力峰值數值。

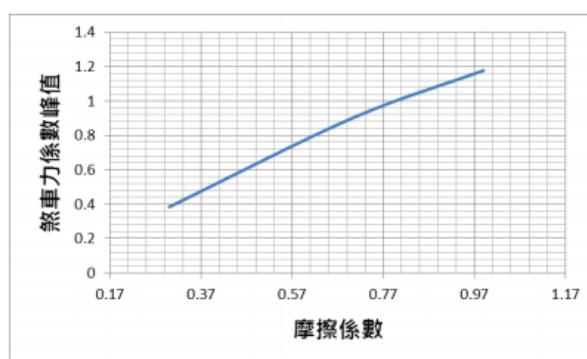


圖 1 摩擦係數與煞車力係數峰值圖[3]

可見摩擦係數愈大其煞車力係數峰值愈大，幾乎呈線性關係，而以煞車力係數峰值作為抓地力的評估標準可知抓地性能在摩擦係數大之處較好，依抓地力所

決定之牽引力 P_2 亦較大，意即在磨擦係數較大之路面較不易打滑，反之亦然。陡坡則因正向力較小，即便磨擦係數大，磨擦力也小，亦比平地更容易打滑。

2. 機構設計

A. 輪體切割式

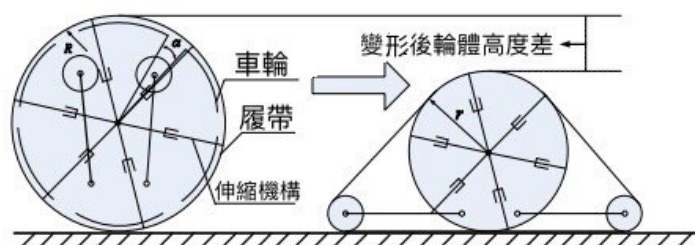


圖 2 輪體切割式變形示意圖[2]

履帶長度不變，將輪設計為分段圓弧狀，輪式以大圓半徑行駛，當遇到障礙時，透過內部驅動機構收縮行走輪的分段弧，使車輪半徑減小為 r ，同時輪內的變結構裝置將定長履帶撐開為三角形。

B. 伸縮履帶式

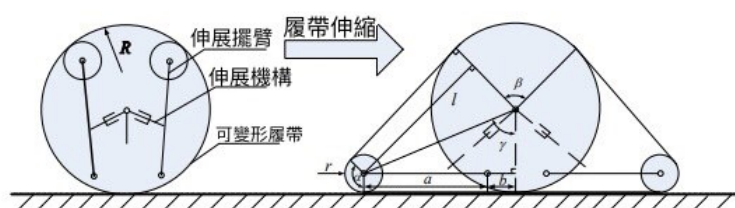


圖 3 伸縮履帶式變形示意圖[2]

輪的半徑不變，安裝可伸縮履帶，變形時透過變結構裝置使履帶變形。

C. 平面式



圖 4 平面式變形示意圖[4]

變形時使用變結構裝置使履帶高於輪胎。

D.履帶折疊式

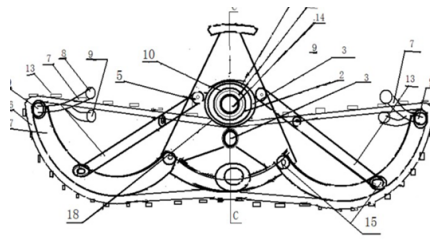


圖 5 履帶折疊式示意圖[18]

輪式時將履帶摺疊在輪框以內，履帶式時透過展開機構將輪展開至上圖所示。

E.輪框變形式

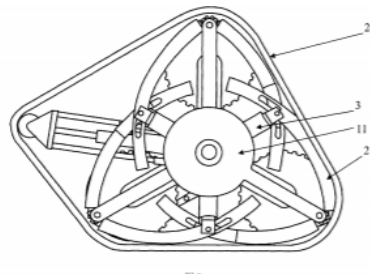


圖 6 輪框變形式示意圖[19]

將輪框分割成六等分，透過特定點上的直線伸縮機構，使輪框從圓形的輪式結構切換成三角形的履帶式結構。

3.馬達分類

所有馬達不論是直流、交流或者是同步、伺服都是運用電流磁效應與電磁感應原理。馬達由不運動的定子和運動的轉子所組成，並藉由通電後所產生的磁場，交互相斥相吸來達成運動的目的。

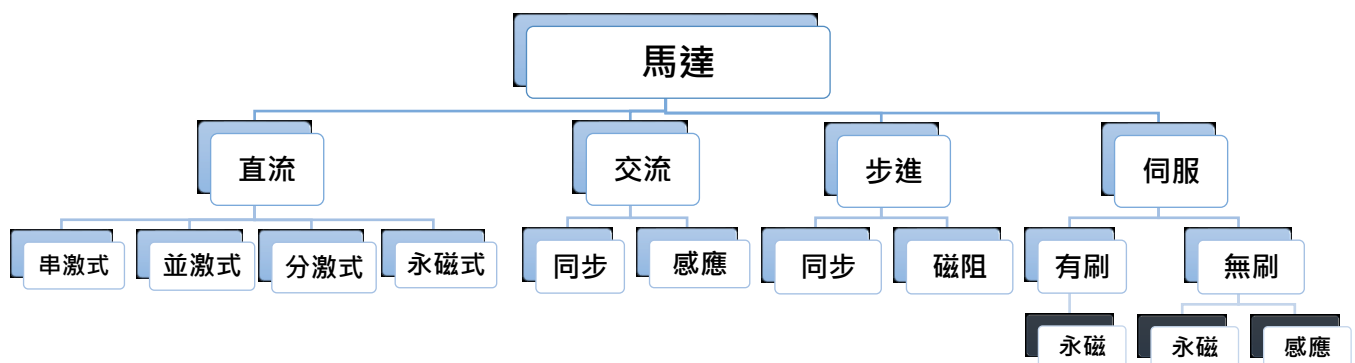


圖 7 馬達分類

A.直流無刷馬達(Brushless DC Motor)

傳統直流馬達會用電刷，因而造成磨損、噪音、火花、碳沉積等問題，需要定期清潔或更換，所以現在大多都採用無刷馬達。

無刷馬達就有三組以上的線圈，藉由不同時間供給每個線圈不同的電流方向，讓轉子不斷被吸引或排斥，產生轉動，無刷馬達通常配搭一組感測器或控制器，用以感應目前轉子位置並決定電流方向。

直流馬達之所以易於控制，是因為電樞電流與扭矩間有此一線性關係，而馬達控制的關鍵正在於如何有效率且線性的控制其產生之扭矩。

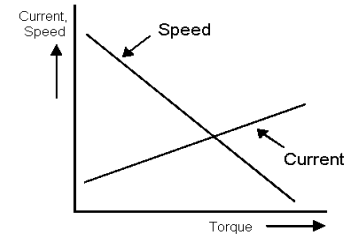


圖 8 馬達電流、扭矩、速度關係圖[14]

B. 伺服馬達

伺服馬達以感測器、放大器、控制器組成。

感測器例如光電編碼器或解角器，可以感測馬達旋轉的位置或轉速等資訊，透過放大器回饋至控制器，轉換為不同動作信號，再回傳給馬達。

伺服馬達可以精準控制馬達轉速，迅速作出加減速、正逆轉。

輸出功率大且效率高。

4. 控制器

A. 樹莓派(Raspberry Pi)

Raspberry Pi 是源自一個開放源程式碼的硬體專案平台，該平台包括一塊具備簡單 I/O 功能的電路板及 Linux 軟體。Raspberry Pi 可以用來開發交互產品，比如它可以讀取大量的開關和感測器信號，並且可以控制電燈、馬達和其他各式各樣的物理設備；Raspberry Pi 可開發出與 PC 一樣的周邊裝置，亦可與運行在 Linux PC 上的軟體進行通信。

5. 影像辨識

A. OpenCV (Open Source Computer Vision Library)

可用於開發即時的圖像處理、電腦視覺以及圖形識別程式。以 C++ 語言編寫，但該庫也有大量的 Python, Java and MATLAB/OCTAVE 的介面。並且可在 Windows, Android, Maemo, FreeBSD, OpenBSD, iOS, Linux 和 Mac OS 等平台上執行。

B. OpenCV 函式庫中用於影像辨識的程式碼用途

(1) Codebook (編碼簿)

用於前後景分離，可形成背景模型，並將背景模型與新進影像作比較，進而取得移動物件。且相較於常見的 MoG(Gaussians Model) 前後景分離法更適用於戶外動態影像。



圖 9 Codebook 影像遮罩範例[17]

(2)RGB 轉 HSV (色碼轉換)

HSV 色彩模型可減少影像辨識受明亮程度的影響，並利用各顏色所對應的 HSV 值上下界可得出顏色遮罩。

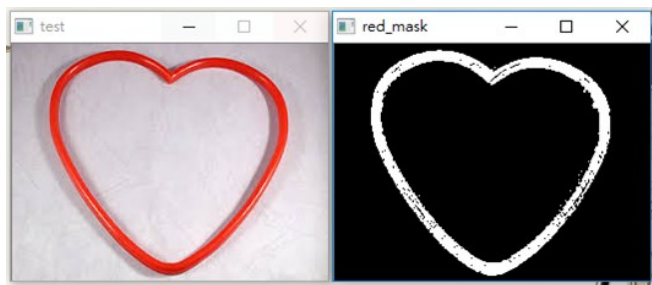


圖 10 HSV 顏色遮罩範例[18]

(3)ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF)

ORB 是一種結合了 oFAST 與 rBRIEF 的角點檢測法，可用於偵測是否為特徵點並且學習輪廓，且具有旋轉不變性與尺度不變性。

C.ROS(Robot Operating System)

ROS 系統是專為機器人軟體開發所設計出來的一套電腦作業系統架構。可透過各節點間發布(publish)/訂閱(subscribe) 訊息(message)至同一個主題(Topic)，來達成無人機各功能之間的溝通。

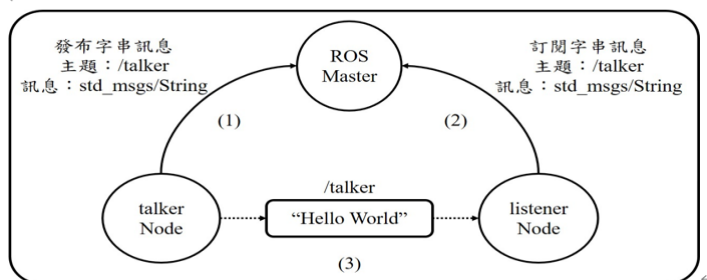


圖 11 ROS 訊息溝通機制[19]

(四)專題架構與分工



圖 12 專題架構圖

機構負責人：晨仕、凱廷

影像辨識負責人：映汝、凱廷

馬達負責人：晨仕、凱廷

控制器負責人：映汝、凱廷、晨仕

(五)進度

經過我們在前半學期的評估，我們決定在五種輪履變形機構中，選擇輪框變形機構為主要設計方向。

1.輪框變形機構

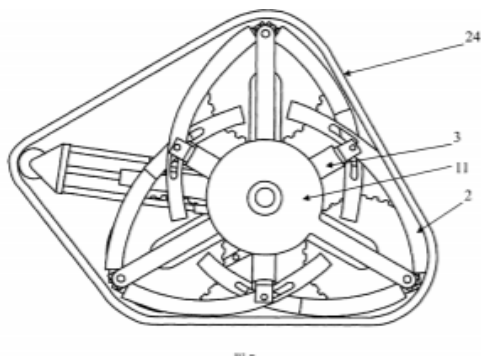


圖 13 輪框變形機構示意圖[19]

輪框變形機構是將輪框切割為六等分，再透過伸縮裝置移動輪框上特定點，使輪框在三角形(履帶式)及圓形(輪式)之間切換。

A.自行設計機構 SOLIDWORKS 組合件

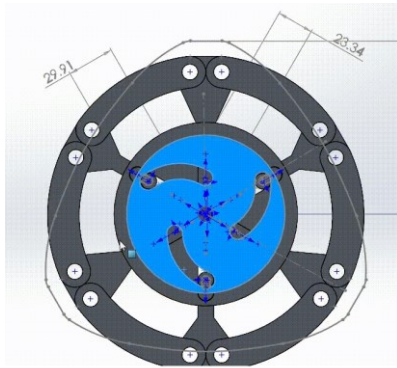


圖 15 輪式 Solidworks 模型

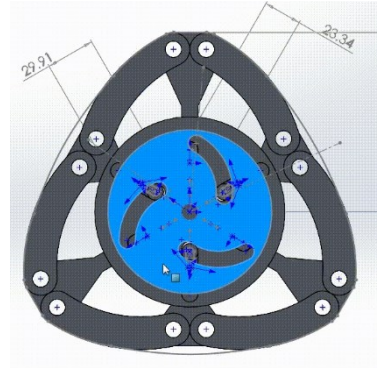


圖 14 履帶式 Solidworks 模型

在圖 15 以及圖 16 中可以看到，連桿與被分成六等分的輪框接合，因而此機構可以透過連桿伸縮帶動外圍的輪框，使外圍的輪框在圓形(輪)以及三角形(履帶式)間切換，而連桿的伸縮則是透過轉動中間的旋轉片來帶動，因此只要接上轉動的動力源(例如馬達)即可在輪履間切換。

B.變形機構壓克力模型

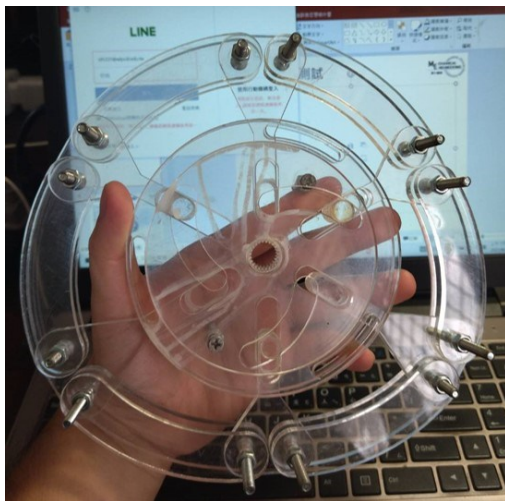


圖 16 輪框變形機構模型

C. 自行設計之機構之伸長量計算

伸長量是指長、短連桿在輪履切換時的直線位置改變量，在這裡為了能更直觀地理解，我們會稱之為伸長量。

算法以圓形，即輪式，變化為正三角形，即履帶式，來計算長連桿向外伸長量以及短連桿向內縮短量應為多少，並以此設計旋轉片。

R (大圓半徑亦為輪半徑) r (輪框片圓角半徑)

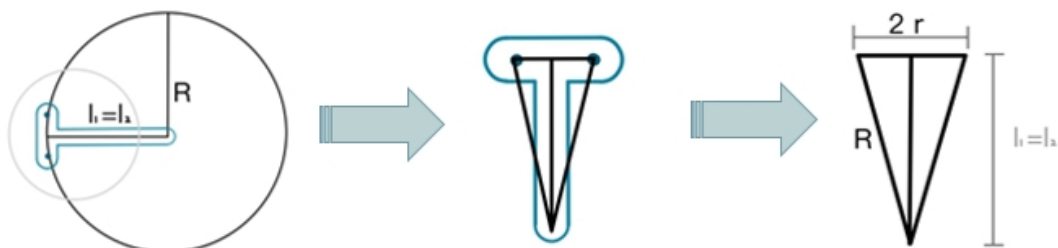


圖 17 輪式連桿長度計算

$$l1 = l2 = R \cos(\sin^{-1}(r/R))$$

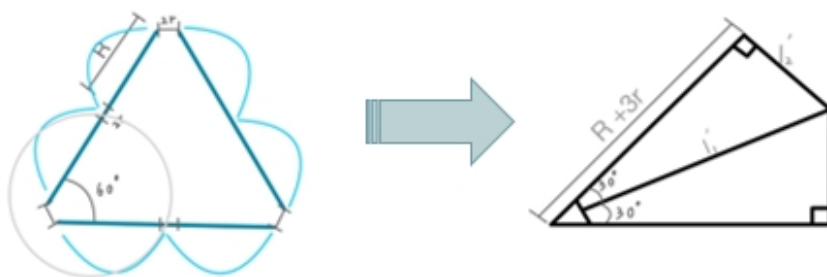


圖 18 履帶式連桿長度計算

$$l1' = (R + 3r) \sec(30^\circ) - 0.866(2r)$$

$$l2' = (R + 3r) \tan(30^\circ)$$

- $l1(\text{長連桿伸長量}) = l1' - l1$
- $l2(\text{短連桿伸長量}) = l2' - l2$

2. 自鎖機構

在輪履變形機構的設計上，共有四處需要動力來支撐，分別為輪式驅動、履帶式驅動、變形、自鎖。我們希望能盡量減少動力來源，透過合併、或以機械式的設計來取代。其中，因為鎖定機構的外力大小不可控，以動力鎖定機構是不切實際的，因此我們機構的設計原則，會以滿足自鎖需求為優先，其次為減少動力來源元件數。以下會介紹兩種自行設計的自鎖機構

A. 軸上自鎖機構

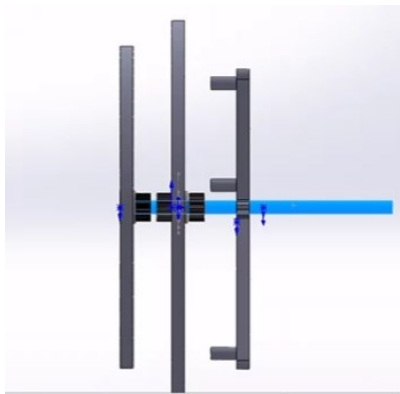


圖 19 軸上自鎖機構 Solidworks 模型

此機構是利用內齒輪與齒輪接合達到驅動，並將變形鎖需要的動力來源和輪式驅動的動力來源結合。

(1) 實體模型(以雷切壓克力及 3D 列印的方式製作)

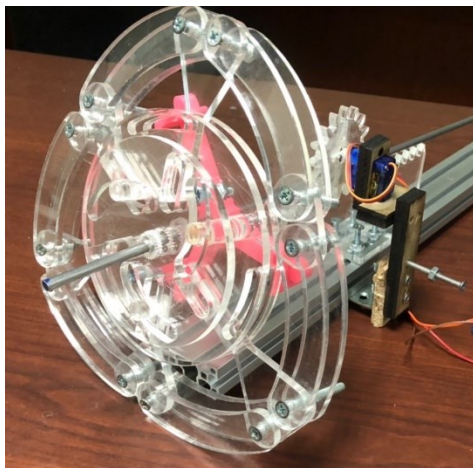


圖 20 軸上自鎖機構實體模型

(2) 遭遇問題

此模型主要遇到兩個問題。一為旋轉片無法固定，在設計時沒有考慮到前旋轉片會脫落的問題。因旋轉片會旋轉，故曾考慮以軸承來解決此問題，卻因中心有內齒輪，故無法安裝軸承。若以其他方式固定，亦可能因摩擦力過大導致變形失敗。二為變形時的側向應力會使中心軸彎曲，致使機構無法順利變形。若改變中心軸材料，使中心軸剛性更大，不易變形，亦會在變形過程中，在齒輪未予內齒輪接合時，因中心軸與內齒輪的間隙，導致相同問題再度發生。具上所述，此二者問題皆無法解決。因此，我們最終未採用軸上自鎖機構。

A. 多軸自鎖機構(最終定案)

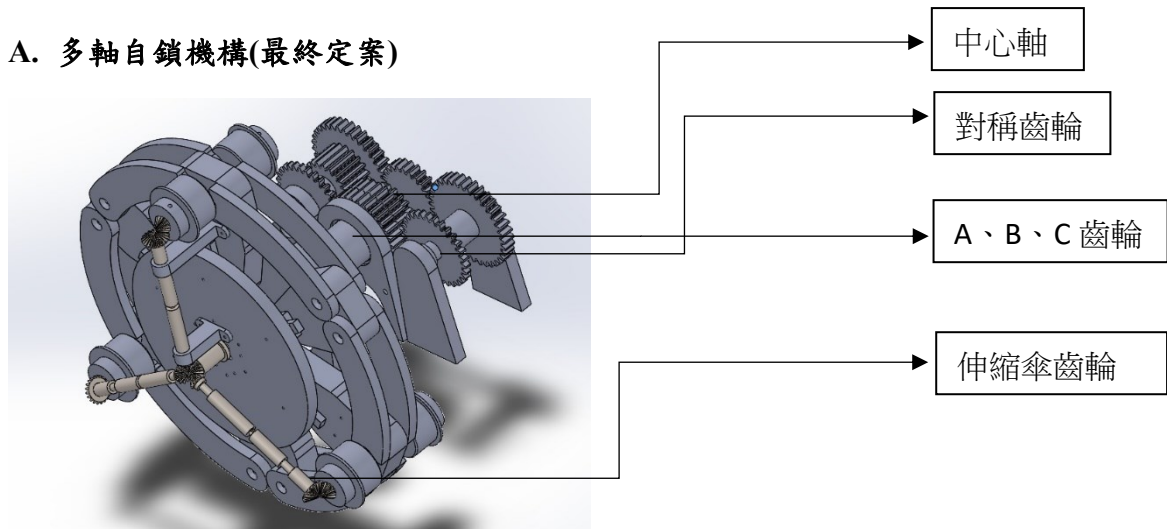


圖 21 多軸自鎖機構 Solidworks 模型

由於本專題需要用到輪式、履帶式、變形三者動力來源，往往會用到過多馬達，此機構利用 Shifting Gear，與多組齒輪傳動，達到只需一顆馬達即完成三者的驅動。

(1) 運作方式:

透過步進馬達連接中心軸，帶動中心軸上的齒輪旋轉。以 shifting fork 來控制 shifting gear 的前後移動，使 shifting gear 在適當的時機卡進齒輪座上的凹槽，以此限制對稱齒輪的旋轉。透過 shifting gear 的前後移動與固定可以決定 A、B 齒輪的動力傳輸與否，或要鎖定哪個齒輪的旋轉(即自鎖功能)，而 A、B、C 齒輪則分別連動固定片(輪式旋轉)、旋轉片(機構變形)、傘齒輪組(履帶驅動)，意即透過對稱齒輪的前後移動可以決定要驅動或限制上述三種模式(輪式旋轉、機構變形、履帶驅動)，而我們的設計是在其中一種模式運作時，另兩種模式會無法運作。至此，完成以一動力輸入源帶動輪履驅動、輪履切換、自鎖等目標。

(2) 機構解析:

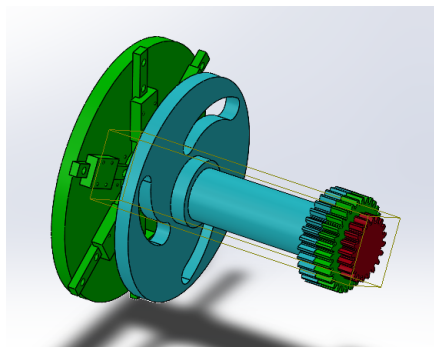


圖 22 多軸機構 Solidworks 模型

(i)多軸機構

多軸機構主要分為 A(履帶驅動、紅)、B(固定片、綠)、C(旋轉片、藍)三種齒輪。A 齒輪透過傘齒輪達到履帶動力的直角傳輸；B 齒輪透過滑軌來限制連桿的直線運動；C 齒輪透過狹槽與連桿上圓棒相接來控制連桿的伸縮量。

藉由三個齒輪的相對旋轉可以有以下三種模式：

(a)輪式驅動:ABC 同動

(b)輪履切換:B 固定、C 旋轉、A 任意

(c)履帶驅動:BC 固定、A 旋轉

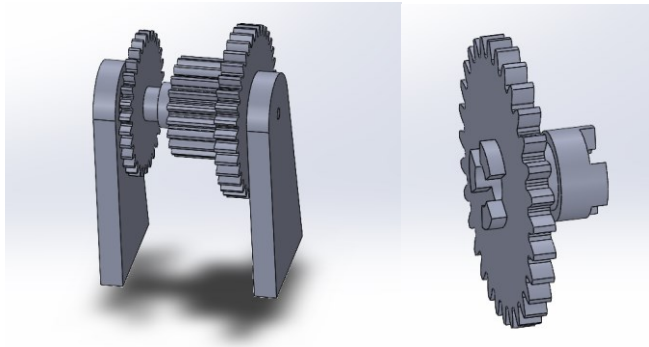


圖 23 Shifting Gear 齒輪組 Solidworks 模型

(ii)Shifting Gear 齒輪組

為了要達到多軸機構中的三種操作模式，我們使用 shifting gear 的前後移動來達成選擇「動力傳輸」或「角度自鎖」。如圖 23 中當 shifting gear 往左移動時，齒輪上的 dock 會與齒輪架上凹洞相接，來限制齒輪變形時之特定角度；當 shifting gear 往右移動時，齒輪上另一側的 dock 會與傳動齒輪相連接，來達到動力的傳輸。

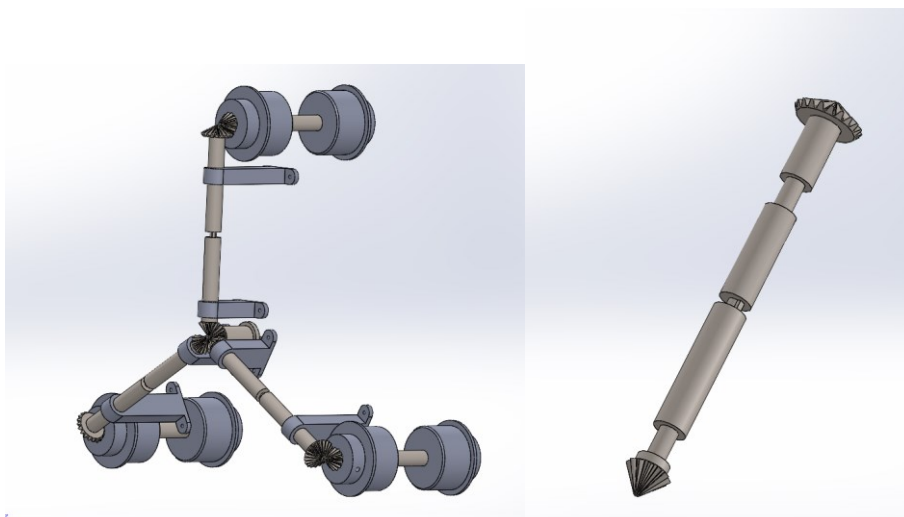


圖 24 伸縮傘齒輪組 Solidworks 模型

(iii)伸縮傘齒輪組

由於在輪履變形時，中心軸距離輪框邊緣的距離會改變，我們選擇使用傘齒輪

並且加上伸縮機構。使其可以在履帶型及輪型的履帶都可完整咬合傘齒輪使其動力傳輸至三頂點之皮帶齒輪。

(3) 實體模型

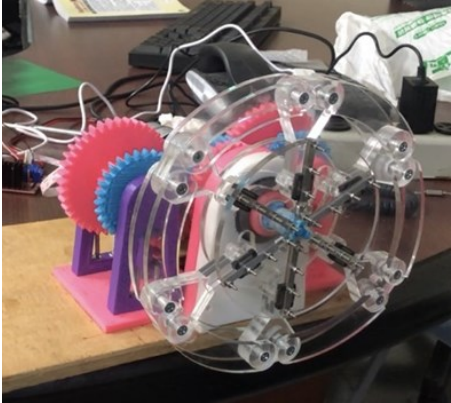


圖 25 多軸自鎖機構實體模型

此模型以 3D 列印、雷射壓克力以及現成的滑軌所組成。

(4) 遭遇問題

此模型主要遇到兩個問題。一是滑軌易損壞。若使用沒有保持器的滑軌，當滑塊脫離軌道，則滑塊與滑軌間的鋼珠會掉出，造成無法修復的損壞。我們會購買更不易損壞的滑軌。二是因齒輪數多，在傳動時能量耗損較高，此問題僅能盡量優化，如減少摩擦力來解決，而未達成我們的目標，多齒輪的使用是必要的，兩相權衡下，此缺失可以接受。綜上所述，此機構之問題皆可被解決，故選擇多軸自鎖機構。

3. 影像辨識

為達到自動變形的目的，我們會偵測地形並以此作為輪履切換的依據，而我們選定了二種偵測地形的方​​式，其一為影像辨識。

A. 待測地形選定

影像辨識的第一步為確定待測地形，待測地形與選擇原因如下表所示。

表 2 地形選擇與緣由表

地形	緣由
沙地	為更明顯地觀察出打滑現象
泥濘	自然環境中最常出現的易打滑地形。
柏油路	日常行駛的地形

B. 辨識方法選定

依據上文選擇的地形，觀察其外在差異後，我們選擇顏色辨識來識別不同地形。我們會在數莓派上使用 python 編譯，接著運用 OpenCV 函式庫內的程式碼來撰寫影像辨識程式。流程如下。

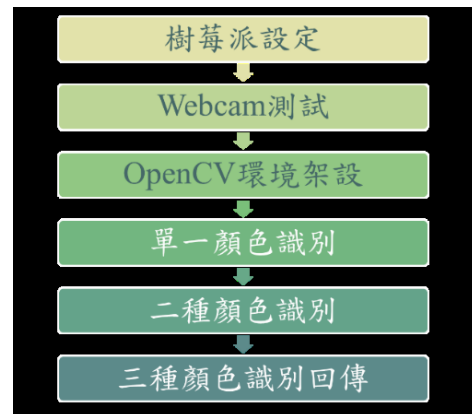


圖 226 影像辨識流程圖

C. 影像辨識程式碼撰寫

使用數莓派抓取 webcam 的即時影像，接著將所得影像的色彩表示方式從 RGB 轉為 HSV，再設定欲測顏色之 HSV 值上下界，套用遮罩將像素的顏色表示單值化，最後再運用邏輯運算，偵測顏色並 print 出待測色，用以表示程式碼編譯已成功。

(1) HSV 上下界測定

為取得待測顏色之 HSV 值的上下界，我們會使用 webcam 抓取得測圖像，並撰寫一程式碼，運用數莓派來測定該像素之 HSV 值。



圖 27 hsv 值測定

(2) 三種顏色(分別對應三種地形)辨識回傳

成功辨識三種顏色，而三種顏色分別對應三種地形，完成三種地形識別，下圖先以日常所見之顏色作為待測色。

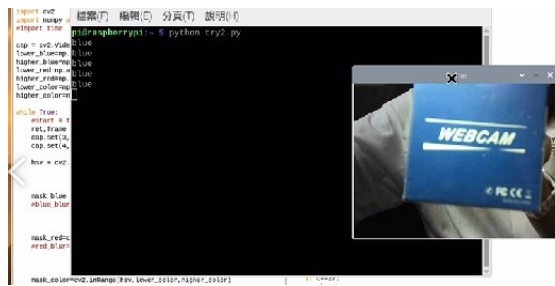


圖 28 三種顏色辨識回傳



圖 29 三種顏色辨識回傳程式碼

4.馬達



圖 30 CS60-150C5AE 伺服馬達

為滿足機械式判斷地形，及輪履切換的需求，我們選用伺服馬達作為主要驅動來源。

表 3 伺服馬達規格表

	單 位	CS60-150C5AE
額 定 電 壓	Volts	24
無 負 載 轉 速	RPM	3600
連 續 運 轉 扭 力	kg f-cm	4.9
連 續 運 轉 速 度	RPM	3000
連 續 運 轉 電 流	Amp	-
連 續 運 轉 馬 力	W	150
最 大 扭 力	kg-cm	14.6
最 大 電 流	Amp	-
持 續 電 壓	V/rad/s ec	-
線 圈 阻 抗	Ω	-
轉 子 慣 量	g-cm ²	295
重 量	Kg	1.3
周 圍 溫 度	°C	-10~+60

5.控制器

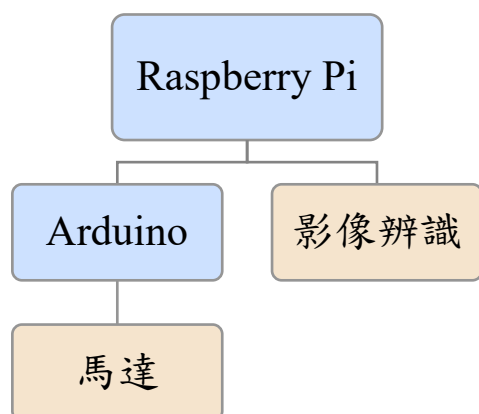


圖 31 控制架構圖

我們選用樹莓派作為主要的控制器，並在樹莓派撰寫影像辨識的程式。同時搭配影像辨識回傳的結果，使用樹莓派輸出數位訊號給 arduino，透過此方式將馬達運行與影像辨識結合，達到以地形作為輪履切換依據的目標。

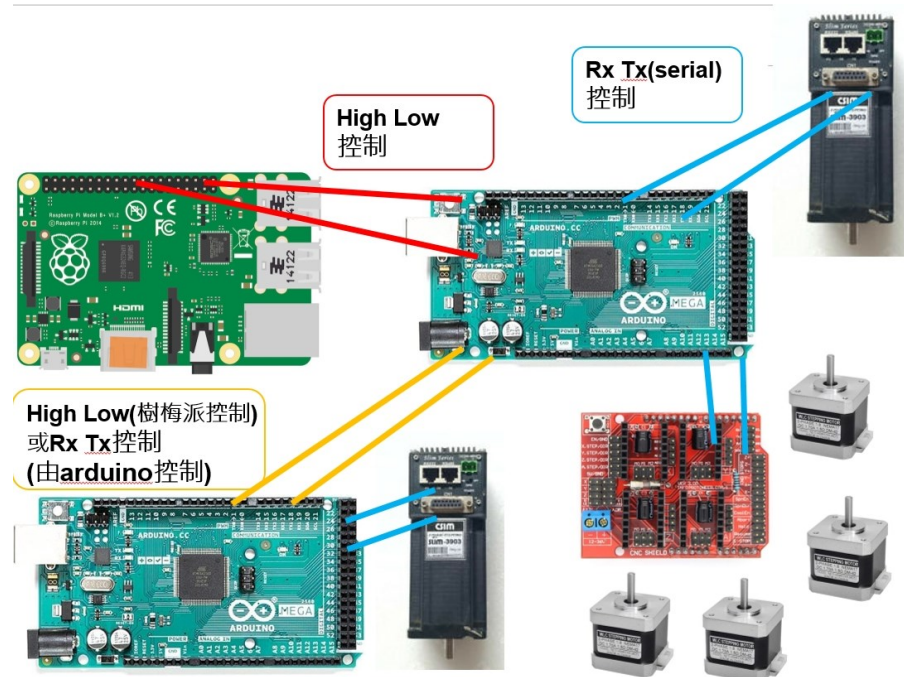


圖 32 控制器與馬達配線圖

(六)預期規畫

接下來會進行車體設計、步進馬達與影像辨識的結合、自鎖機構上螺桿的控制，以及影像辨識收尾。與此同時繼續進行整體機構修正。

(七)甘特圖

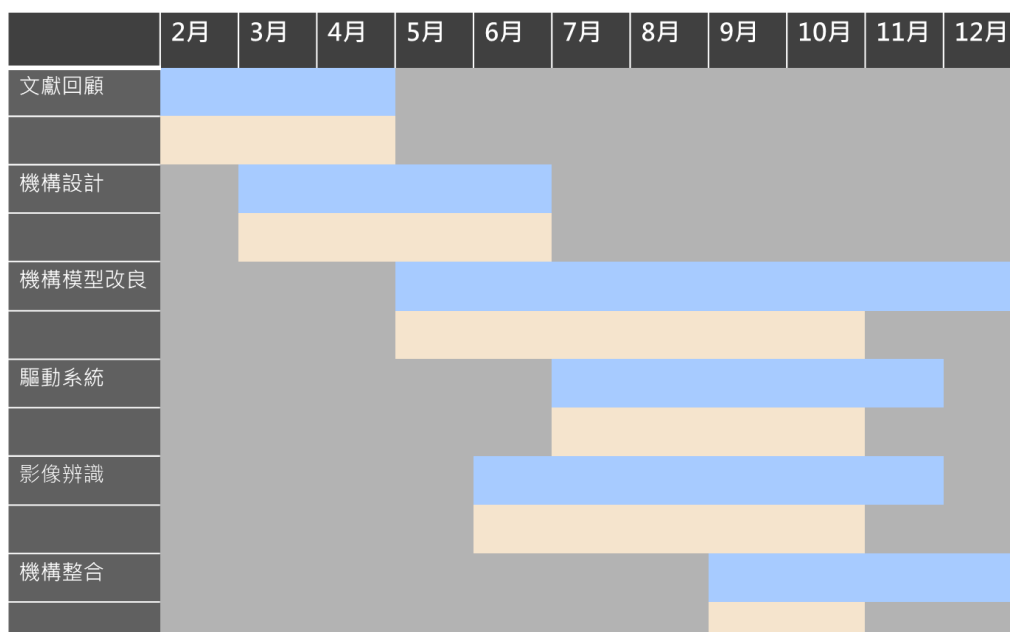




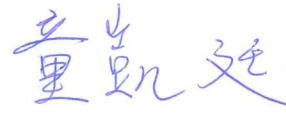
圖 33 甘特圖

(八)參考資料

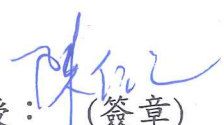
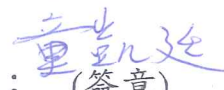
- [1]陽春永、劉會英、劉海新、馮剛年，裝載機打滑的原因及其應對措施，工程機械期刊,39 卷,1 期,pp.23-24
- [2]郭文增，具有輪/履耦合機構的移動機器人及其相關技術研究，北京理工大學博士論文, 2016
- [3]丁元翔，輪胎濕抓地力之研究，國立臺灣大學碩士論文, 2015
- [4] Yoon-Gu Kim, Jeong-Hwan Kwak, Dae-Han Hong, In-Huck Kim, Dong-Hwan Shin, Jinung An
“Autonomous Terrain Adaptation and User-Friendly Tele-Operation of Wheel-Track Hybrid Mobile Robot”, INTERNATIONAL JOURNAL OF PRECISION ENGINEERING AND MANUFACTURING
Vol. 13, No. 10, pp. 1781-1788, 2012
- [5]孫春學、王志坤、張春愷、孫克雷、宋玉華、桑志彬、齊天星、齊博，一種仿履帶越野輪子，河北農機期刊, 12 期, pp.99
- [6] 影像處理 - 形態學(morphology)(<http://gh-lin.blogspot.com/2018/02/morphology.html>),accessed 5 Feb 2021

- [7] 【影像處理】形態學 Morphology, <https://reurl.cc/WEDrx9>, accessed 5 Feb 2021
- [8] Y. Huang, S. Chien, Bing-Yu Hsieh, L. Chen, "Automatic Threshold Decision of Background Registration Technique for Video Segmentation", Visual Communications and Image Processing 2002
- [9] 碼書(CodeBook)基本原理介紹 <https://reurl.cc/dV72yg>, accessed 5 Feb 2021
- [10] opencv python 角點檢測/FAST 算法 <https://reurl.cc/WEDrAL>, accessed 5 Feb 2021
- [11] Introduction to ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) <https://reurl.cc/ZQXAZM>, accessed 5 Feb 2021
- [12] 扭力即時測量技術-工業技術研究所 <https://reurl.cc/g8Z2eX>
- [13] 電動機控制簡介, accessed 4 Feb 2021, <https://is.gd/ROTH9n>
- [14] 【必看馬達知識】伺服馬達、無刷馬達、直流馬達, accessed 4 Feb 2021 <https://reurl.cc/E2Grb1>
- [15] 多階編碼本模型(Multi phase codebook model), <https://reurl.cc/6yNZG5>, accessed 13 Feb 2021
- [16] OpenCV 在空拍影像中單一辨識顏色, <https://reurl.cc/MZR02m>, accessed 13 Feb 2021
- [17] 蔡承運，具即時車道線辨識之三角履帶自走車開發，國立中興大學電機工程學系碩士學位論文，2019/07
- [18] 歐陽于民，一種輪履重置行走裝置 http://blog.sina.com.cn/s/blog_439b5d990101i6nh.html
- [19] 鍾偉斌，何以田，李克天，輪履自由切換輪系裝置，中華人民共和國專利 201010289237.8 號, 2010

111 學年度機械系碩士班招生作業
考生有利審查資料合著人證明

類別(請勾選)	<input checked="" type="checkbox"/> 專題研究 <input type="checkbox"/> 競賽 <input type="checkbox"/> 論文 <input type="checkbox"/> 其他：		
考生姓名	童凱廷	性別	<input checked="" type="checkbox"/> 男 <input type="checkbox"/> 女
就讀學校 系所	中興大學機械工程學系		
著作名稱	自動變形輪履車		
指導教授 姓名	陳任之		
合著人 (或共同研究人) 簽章證明	1. 	2. 	3. 
考生完成部份 或貢獻及百分比	<input type="checkbox"/> 考生獨立完成。 <input checked="" type="checkbox"/> 考生完成部分或貢獻及百分比。 完成百分比： <u>70</u> % 完成部分或貢獻(請簡明扼要敘述)： 變形機構原理、多軸自鎖機構、傘齒輪履帶驅動機構、Shifting Gear 設計、CNC 加工件設計、3D 列印加工件設計、皮帶齒輪加工、程 式邏輯協助設計		
合著人完成部 份或貢獻及百 分比	陳映汝 15%:樹莓派環境設定、影像辨識、控制板連線、車體設計、程 式設計 吳晨仕 15%:軸上自鎖機構、馬達控制、arduino 控制、車體設計		

註：請指導教授、考生、合著人簽章後，正本掃描上傳報名系統，謝謝。

指導教授：  (簽章)
 考生：  (簽章)