

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學科(一)

佳作

032803

新型輪椅輪胎發想與應用研究初探

學校名稱：臺中市立大墩國民中學

作者： 國二 林謹恩 國二 楊昕祐	指導老師： 楊哲昌
---------------------------------	------------------

關鍵詞：輪椅、新型輪胎、彈簧避震器

新型輪椅輪胎發想與應用研究初探

摘要

生活中，常常會遇到身障者坐著輪椅十分不便，並非每一個樓梯旁都有無障礙坡道。本次研究主要為發想**新型輪椅輪胎**，利用**彈簧製作輪軸避震器**將輪子內部結構進行改裝，使其能夠適應高低差地形，藉由避震器受力產生壓縮變形的特性，使輪胎在碰到樓梯等障礙物時能夠產生形變，以致於輪椅乘坐者能夠用更省力且有效率的方式爬上樓梯，這次研究會針對**新型輪胎**在爬上樓梯時的穩定度表現以及動力傳遞上進行檢測。實驗發現**新型輪胎**雖然在平地行走時整體動力傳遞效率較**傳統輪胎**來的差，但在克服地形障礙時不論穩定度與安全性皆較**傳統輪胎**來的佳。並期待能夠應用在輪椅上，使身障者不必倚靠無障礙坡道即可輕易克服階梯障礙，省去尋找與移動上的麻煩。

關鍵字: 新型輪椅輪胎、彈簧避震器、克服地形障礙

壹、前言

一、研究動機

一般輪椅輪胎適合在平坦的地方行駛。當遭遇到樓梯或人行道這類高低起伏的地方往往會造成諸多不便，對乘坐輪椅的行動不便者會是一大麻煩。此外，輪椅行進於凹凸不平的路面時會有彈跳與行進路徑歪斜等現象，在安全性上也會是一大顧慮。要是有了一個可以應付這種能夠克服高低落差的輪子，那是不是就可以減少非常多的不便呢，本次研究主要以遙控車作為動力來源，並發想了一種能夠克服不同地形障礙的輪子，利用在輪軸上加裝了避震器降低整體行進間的震動幅度與克服障礙得能力，藉由前後輪一大一小的特色來模擬並觀察輪椅行進時的輪胎外型改變、速度與震動變化(圖一、二)。



圖一



圖二

二、研究應用

本次研究主要製作可以爬上樓梯的輪子，如果能夠應用於輪椅上，雙腳無法站立、走路，需要靠輪椅來移動的朋友，就不必在遇到樓梯的時候，要被限制走到有無障礙坡道的地方。雖然無障礙坡道很方便，但我們換個角度想，每個坐輪椅的朋友，不一定都會有人在後面幫忙推，遇到坡道的時候，就反而要用更多力氣、更吃力的移動。雖然無障礙坡道已經很普遍了，但不一定是每一個樓梯都會有無障礙坡道，因為設立無障礙坡道，需要一定的空間，所以不一定每一個有樓梯的地方都會設立。這時有了可以上樓梯的輪子，可以幫助每一個坐輪椅的朋友，也能像一般人一樣上下樓梯。

除此之外我們也將輪椅的安全性納入考量，一般在克服地形障礙時會因為碰撞而產生大幅度彈跳，是致發生偏離行進路徑的情形，因此我們在發想輪胎時在內部設計並加裝能夠吸收碰撞能量的避震器結構，藉此提升整體乘坐者的安全性；此外我們也發現，一般輪胎在行進平地時會產生震動，對於乘坐者較不舒服，所以我們新發想的輪胎內部裝有避震器，能緩衝掉路面凹凸不平所產生的振動，達到提升舒適度的效果。

三、特殊輪胎設計歷史回顧

(一) 可以爬樓梯的平衡車

由 Flexup 公司所設計的單人平衡車。輪胎特色為胎面可膨脹且分解成很多塊、且各部分能分別收縮，因此可自由穿梭在城市中狹窄的道路中。能夠克服的區域包括上下樓梯以及橫跨大型車輛減速帶，輕易行走於凹凸不平的地面(圖三)(Eva Huang, 2017)。

(二)、履帶

是一種使用於坦克車、工程車等運輸工具的移動裝置。履帶的構造有兩大類別，一類時是以堅硬的材料製成，並由許多小片段組合而成；而另一類則一體成形，以類似橡膠的柔軟材質製作。前者可用於重型車輛，但重量及行駛時的噪音較大，後者重量噪音較小，但只能用於輕型車輛。

履帶可以將車輛的重量平均分散在地面，防止車輛沉入地面，履帶表面可完整貼於地面。相較於四輪車輛，裝上履帶帶動後，可增加抓地力，因此可在高低起伏較大的地表上行駛(圖四)。

(三)、蜂巢輪胎

蜂巢輪胎的結構包括實心外胎與蜂巢胎體，其實心外胎由橡膠製作，通過特殊機構緊箍在蜂巢胎體外圍。而蜂巢胎體包括內圓環、外圓環以及設於內外圓環之間的蜂巢柱狀結構，柱狀結構的截面就是我們看到的鏤空六邊形。蜂巢輪胎依靠構型材料的彈性提供變形緩衝能力，達到降低振動，提高車輪強度的作用(圖五)(共同作者，2017)。



(圖三)



(圖四)



(圖五)

四、輪胎能夠爬樓梯的原理

(一) 基本力學簡介

輪體在爬上樓梯時的力量變化情形主要和輪體自身承受重量、輪胎的摩擦力與輪軸的扭力有關。我們在國小六年級的課程中學過槓桿的概念(黃鴻博，112)，以樓梯和輪子接觸區域作為支點，輪胎自身重量和支點之間會形成抵抗輪子爬上階梯的力矩，而輪軸的扭力與輪胎表面的摩擦力則會形成將輪胎車體往上的力矩，往上抬的力矩大於車體重量的力矩，車體即可爬上樓梯。

(二) 輪胎爬樓梯的基本改裝概念

1. 一般輪胎克服地形障礙時遇到的問題

(1) 重力力矩的克服與摩擦力

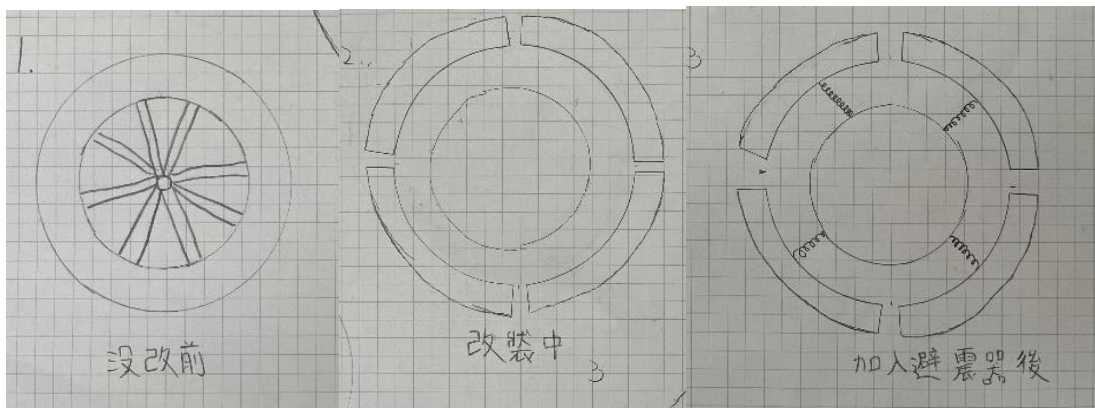
輪子行進間遇到較高的樓梯或是障礙物時，會有因需要克服的重力力矩過大，使輪胎摩擦力不足而在障礙物前卡死或原地打滑，既無法上樓梯亦無法移動，因此希望藉由變形來增加輪胎與樓梯之間的接觸面積與支撐點，使其更容易爬上樓梯。

(2) 穩定度

一般輪胎主要由內部氣體壓力與鋼圈提供支撐力量，在遇到凹凸起伏的環境容易產生彈跳晃動，因而造成行進上的震動與不穩定。輪椅主要為乘載病人，碰到凹凸起伏不平均的地形產生彈跳與大幅度的震動會使病人產生立即性的危險，因此本實驗主要尋找能夠使輪胎行進更加穩定的方法。

2. 創新輪胎發想核心概念

本次研究主要利用在輪胎內部增加避震結構達到改善穩定度與爬樓梯能力的目的，我們將輪胎分成 4 段，在每一段裡面都加上彈簧避震器並連接輪軸(圖六)，使它在遇到樓梯的起伏時受力會集中在避震器上，使避震器內縮形成凹槽，讓變形後的輪胎能夠卡進階梯之中提供充足的支撐面積，此外在碰到凹凸不平的環境時能夠從輪胎內部吸收震動與緩衝，達到保持穩定的效果。



(圖六)

五、輪胎改裝核心部件--彈簧避震器簡介

(一)基本結構

1.彈簧避震器運作原理

彈簧避震器是用來設定車高或其避震能力的要素之一。車輛載重大的通常會搭配更硬的彈簧避震器抵銷額外的震動與車身重量負載，否則可能在行進途中或彈跳時破壞車體結構。彈簧避震器在彈跳時是經常性下壓的，適當的彈跳伸縮可以抵抗破壞性的車體下壓力，使車身趨於穩定(徐正會、黎惇弢，2003)。

車輛在不平路面上震動所產生的能量主要是由彈簧來吸收，彈簧在吸收震動後會產生反彈的震盪，此時就利用避震器來減緩彈簧引起的震動。當避震器失效時，車子在不平路面上就會因為避震器無法吸收彈簧彈跳的能量，而使車身有餘波震動的彈跳，影響行車穩定性及舒適性。避震器最主要是利用彈簧的伸縮，迅速趨緩車身彈跳(林鼎崙，2009)。

2.彈簧避震器的配重與安裝

彈簧太硬或太軟都會失去性能。適當重量的彈簧避震器能夠讓車輛可以受載重慣性的限制下，正常操駕行駛。例如一台 2000 磅的賽車與一台 10000 磅的卡車，其兩者的彈簧性質則是全然不同的，而在高級房車、計程車或客運巴士通常可以說是具備較軟的彈簧，以達到較具彈性且穩定的效果。車輛的彈簧若是老化或損壞，行駛時容易貼近地面，車體也容易側傾(共同作者，2022)。

(二)使用彈簧避震器對輪胎進行改裝的優勢

- 1.底盤彈簧應具有能適應負荷的大小、對道路面的衝擊，而有適當的彈性減少其車身的震動，面對具有高低差的地形例如樓梯時彈簧避震器也會使輪胎更輕鬆的向上爬。
- 2.彈簧避震器結構簡單且易於操作，在變因的控制上較為便利，也可以讓我們在它需要維修或檢查時，更方便地方去了解問題。
- 3.彈簧避震器在取得及購買上較為方便，因而選用此避震器裝置進行實驗及改裝，彈簧避震器也相對比其他避震器來的便宜，在操作上就算失敗也不會浪費大量經費。

六、研究目的

本次研究主要以遙控車作為輪胎動力來源，並模擬整體輪椅行進時的輪胎變化

- (一)讓輪胎克服階梯地形且行走於具有高低差且凹凸不平的地面時能更加穩定。
- (二)利用在輪胎內加上基礎避震結構使其在行走於不平穩的路面時使震動狀態減少。
- (三)利用輪胎表面的結構變形使在爬上具有高低差的地面時能夠更為省力且有效率。

貳、研究設備及器材

一、使用的大型機具

鑽孔機 makita MSJ401(圖七)；砂帶機 REXON BD-46(圖八)；線鋸機 makita TB131(圖九)



(圖七)

(圖八)

(圖九)

二、檢測輪胎並模擬輪椅動力來源: 越野遙控車(MAXXIS-03)

三、實驗數據測量器材: IPHONE 10(安裝 app Sensor Logger(Version 1.12 Build 2))

四、創新輪胎結構材料(圖十)

(一)主要結構: 彈簧避震部件(Kyosho MX003)x1

直徑 96mm 遙控車替換輪胎(D90 F350 SCX10)x1/4

(二)避震結構: 松木塊 1*1*4(cm)x1 [松木塊 1*1*2(cm)x1]

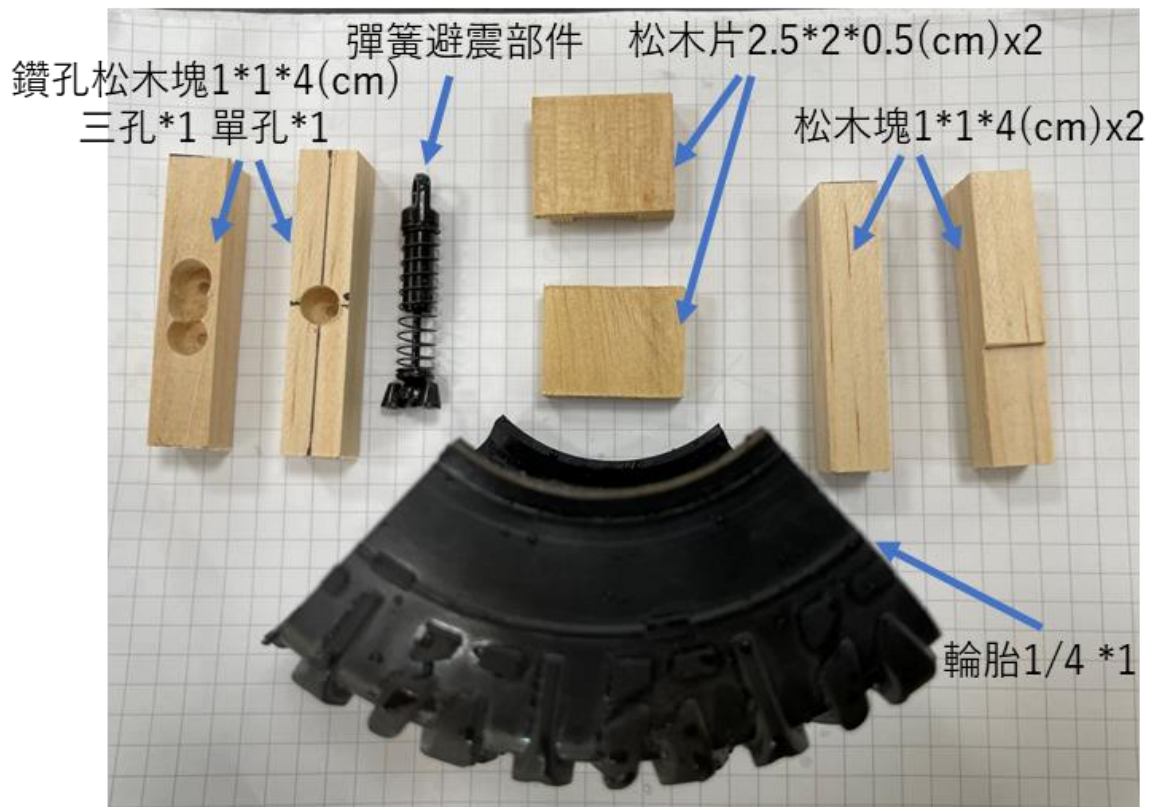
(在長方形面正中央鑽孔，直徑 0.5cm,深 0.5cm)

松木塊 1*1*4(cm)x1

(在長方形面鑽三個孔，直徑 0.5cm,深 0.5cm，並使其相連)

(三)避震器穩定結構: 松木塊 1*1*4(cm)x2；松木片 2.5*2*0.5(cm)x2

(四)固定與組裝工具: 熱熔膠；束帶 x6



(圖十)

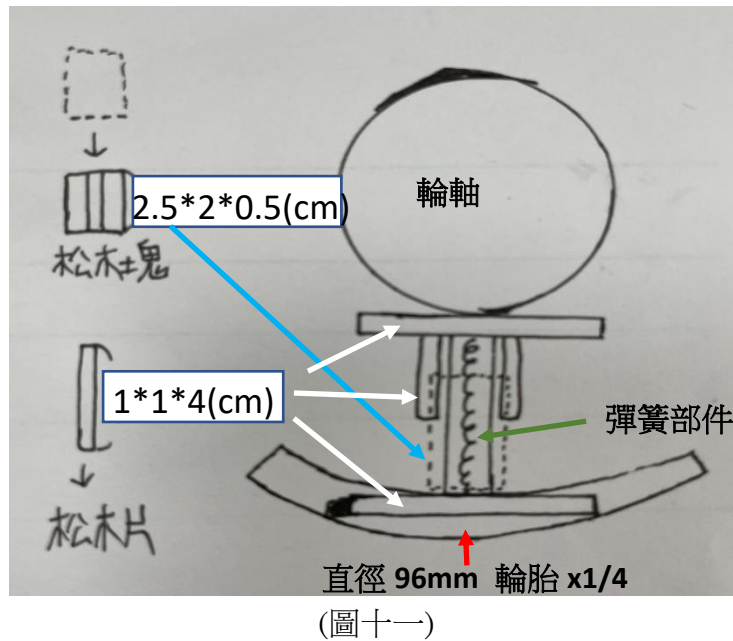
參、研究過程與方法

一、研究進度規畫表

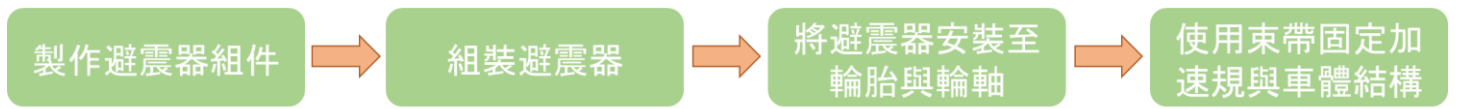
日期 活動項目	111年			112年			
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
題目發想	██████████						
撰寫研究計畫		████████████████████					
輪胎改裝製作				██████████			
輪胎測試與 實驗進行					██████████		
數據分析處理					██████████		
撰寫實驗報告					████████████████████		

二、改裝輪胎製作與輪軸避震器機構部件組成

(一)改裝設計與輪胎內部機構簡圖如下方所示(圖十一)



(二)製作與組裝步驟



1. 新型輪胎--實驗組輪胎的製作 (輪軸避震器正常啟用)

(1)製作避震器組件

這次研究利用線鋸機將松木條裁切成 $1*1*4(\text{cm})$ 的松木塊 x4 與 $2.5*0.5*2(\text{cm})$ 的松木片 x2，並將直徑 96mm 的輪胎切成 1/4(圖十二)。接著使用鑽孔機將裁切完畢的松木條進行鑽孔，分別在木塊長方形面正中央鑽一孔與相鄰三孔，作為放置彈簧避震部件的位置(圖十三)。



(圖十二)



(圖十三)

(2)組裝避震器

材料部件之間的連接與固定主要利用熱融膠，先將彈簧避震部件兩端分別黏至中央鑽好一孔與鑽好相鄰三孔的 1*1*4 松木塊上方(圖十四)，之後將穩定整體部件結構的松木塊 1*1*4(cm)x2 與松木片 2.5*2*0.5(cm)x2 黏至避震器上方，完成整體輪軸避震器(圖十五、十六)



(圖十四)



連接輪軸
(圖十五)



連接輪軸
(圖十六)

(3)輪軸避震器安裝至輪軸與輪胎之間

在黏合與安裝避震器至輪軸與輪胎之前，必須先檢查整體部件之間的伸縮狀況與輪軸凹槽寬度，並使用砂帶機 REXON BD-46 對部件進行打磨與調整(圖十七)。調整完畢後利用熱融膠將連結彈簧部件的 1*1*4 兩塊松木塊分別與裁切成 1/4 等分的直徑 96mm 輪胎以及輪軸黏合，黏合方向如圖十五、十六所示。待輪胎黏合組裝完畢後(圖十八)使用束帶固定在避震器基部加強穩定整體結構(圖十九)。



(圖十七)



(圖十八)



(圖十九)

2.一般輪胎--對照組輪胎的製作(輪軸避震器未啟用)

(1)關閉輪軸避震器結構的組件製作

利用線鋸機將松木條裁切成 1*1*2(cm)的松木塊，每個輪胎需準備 4 塊松木塊進行組裝。

(2)關閉輪軸避震器的方法

將 1*1*2(cm)的松木塊放入彈簧避震器的伸縮結構之中，完全填滿提供避震器伸縮的空隙，使其完全無法伸縮運作(圖二十)，最後使用電工膠帶將其穩穩固定在避震器上方，以防跑動時鬆動脫落(圖二一、二二、二三)。



固定用松木塊

(圖二十)



(圖二一)



(圖二二)



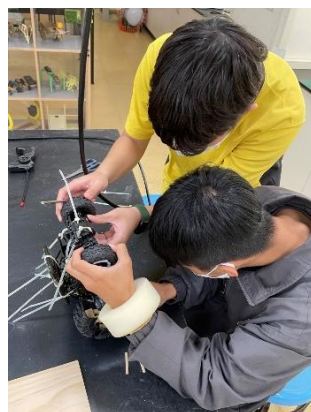
(圖二三)

3.穩定車體結構與安裝加速規

我們使用束帶加強車體結構，將車體原本鬆動的部位進行固定，使其能夠穩定保持直線前進，並控制住每次實驗開始前車體傾斜角度的變因以減少實驗誤差。固定位置為輪軸與車體相連區域(圖二四)，前側與後側各兩條，最後將加速規以實驗束帶將其牢牢固定於車體上方以利進行實驗(圖二五、二六)。



(圖二四)



(圖二五)



(圖二六)

4.松木板障礙物的搭建

本次研究主要使用松木板搭建樓梯來模擬階梯障礙物，我們在每片松木板側邊上打洞，每個洞間距 1cm(圖二七)。松木板之間的連接主要使用直徑 0.5cm 的原木短棒進行固定，每一階都由第一和最後一個洞做連接，在第一層的最後一個洞放入一根小木棒，第二層則由第一個洞做組裝(圖二八)，以此類推往上堆疊 3 層(圖二九)。



(圖二七)



(圖二八)



(圖二九)

三、實驗方法與變因操作

(一)研究主要針對哪些變因進行操作

本次研究主要針對輪胎基本結構進行改造，將原本一體成形的輪胎進行拆解成 4 等分，並在其中加裝輪軸避震器。操作變因為輪軸避震器收縮運作(新型輪胎)與無法收縮運作(一般輪胎)，藉此來比較避震器效果的有無對輪胎與車體移動時的影響。

經由搭建不同高度的地形障礙檢測輪軸避震器啟用後的新型輪胎是否具有更強克服高低差的能力，此外也會在移動的車體上方安裝加速規，藉由觀察車體行進中的震動幅度來比較避震器正常運作的輪胎在移動上是否具有更高的穩定性。

(二)實驗方法與流程

本次實驗比較同一車體在輪軸避震器啟動前後克服不同地形高低差的能力與移動中的穩定度是否有差異。實驗主要利用 1 公分厚的松木片進行搭建，並依次增加樓梯高度，操作障礙每層高度分別為 1 公分、2 公分、3 公分 3 組(圖三十、圖三一、圖三二)，每組具有 3 階階梯。在同一種障礙物下，以同一台車體進行測試並比較新型輪胎與一般

輪胎往上攀爬的能力、行進間的速度與車體的震動。每組樓梯重複進行 3 次實驗，每次測量皆以同一廠牌且同時購買充飽電的充電電池進行測量。



(圖三十)

(圖三一)

(圖三二)

1、速度與克服地形障礙能力檢測

(1)實驗進行模式與紀錄

在實驗操作的步驟上，輪軸避震器啟用前後所使用的車體皆完全相同。將車體放置於樓梯障礙前方 90 公分處並以遙控器啟動，整段完整奔跑距離為 117 公分，期間紀錄車體接觸樓梯後往上攀爬的情形以及是否成功克服地形障礙，並以碼表紀錄時間，實驗過程敘述如下：

a.計時標準與數據紀錄

於車子啟動時手機同步開始計時，並記錄車體成功爬至障礙物頂端經過的時間，比較避震器啟動的前後，在移動速度的差異性。

b.克服地形障礙層數的紀錄

車體有可能面臨無法完成克服障礙物的情形，若無法克服障礙物則在車體停止移動的瞬間停止計時，並記錄所克服的階梯層數與經過時間。

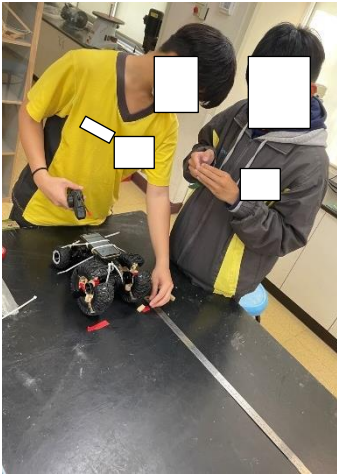
(2)數據分析

將實驗距離(1.17m)除以經歷的時間算出車體行進時的速度，並以 EXCEL 製作長條圖進行簡易比較分析。此外亦使用趨勢線觀察車體在克服不同高度的障礙物時車體速度的變化程度，來觀察障礙物對車體在移動攀爬上的影響。

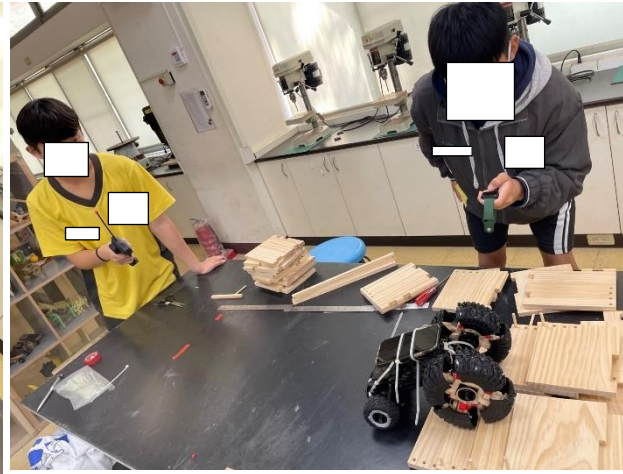
2、行進中車體穩定度檢測

(1)實驗進行模式與紀錄

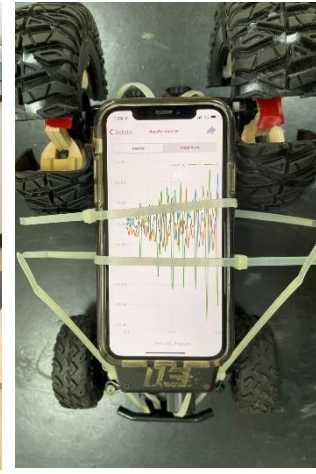
在實驗操作的步驟上，輪軸避震器啟用前後所使用的車體皆完全相同。將車體放置於樓梯障礙前方 90 公分處並以遙控器啟動，整段完整奔跑距離為 117 公分，並以加速規紀錄移動期間因為震動而產生 X、Y、Z 三軸的加速度變化波型，並觀察記錄整體奔跑時發生的狀況(圖三三、三四、三五)。



(圖三三)



(圖三四)



(圖三五)

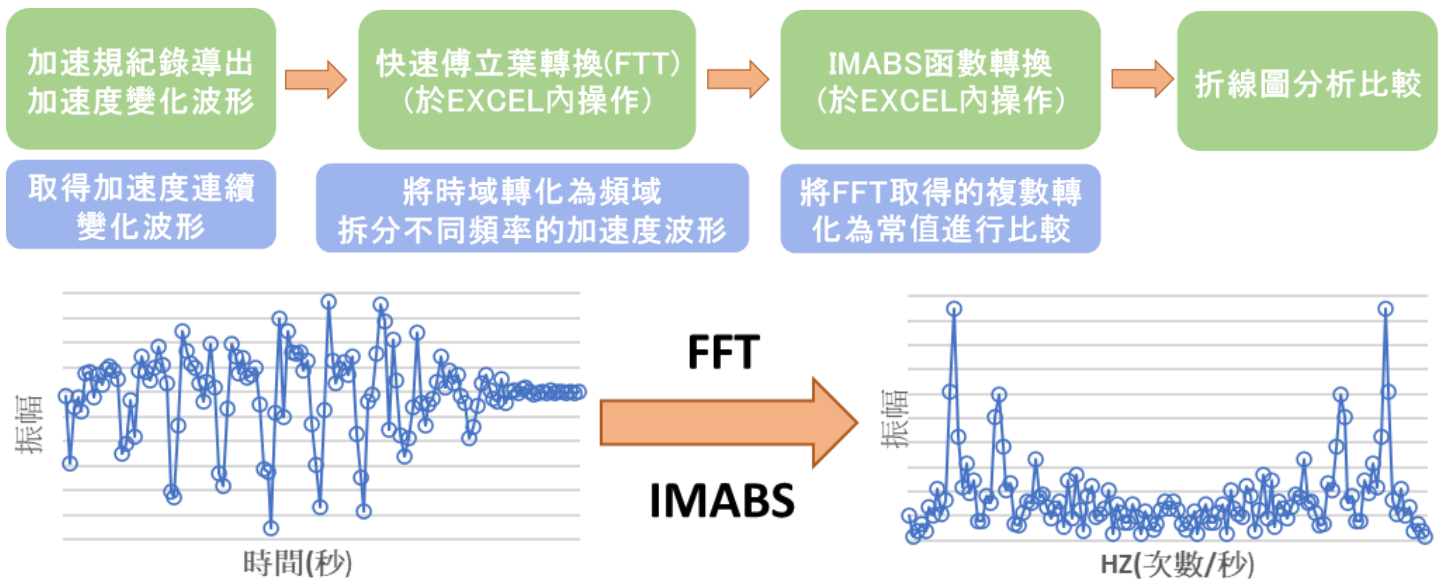
a.車體行進過程中加速規測量紀錄

實驗中以手機(IPHONE 10)作為加速規，並下載安裝應用程式 Sensor Logger(Version 1.12 Build 2)，紀錄頻率約每秒 100 次，並於車體移動瞬間利用 Apple Watch 連線手機遠端啟動加速規同步開始記錄，觀察車體移動與攀爬障礙物時 X、Y、Z 三軸的加速度變化，並比較輪軸避震器啟動前後在穩定性的表現上是否具有差異性。

b.加速規數據的取樣區間選擇

本次實驗期望分析平地奔跑與克服障礙物時車體結構整體的震動變化，而車體在克服不同障礙物的總行進時間約落在 1 至 2 秒左右，因此震動分析的取樣區間約落在 0.6 秒至 1.9 秒間，總加速規樣本數為 128 以利後續震動分析。

(2)數據分析



一開始我們直接以加速規所分析出的數據直接比較，但因資料加速度數據波型過於複雜，在取樣比較上較為困難，勢必要將資料轉化後才能有效且清楚地進行比較分析。在國二上學期學過波的震動與傳遞，不同頻率與震幅的波彼此之間具有疊加性(洪連輝等，2022)，如果能將不同頻率振幅的波拆開並觀察比較，應該能得到較為清楚的比較依據。

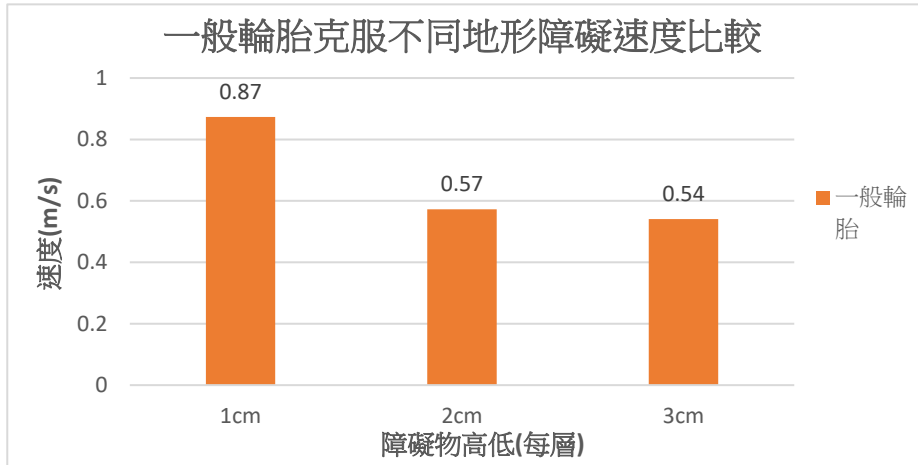
參考網路上蒐集到的震動分析例子，包含利用加速規測量高鐵行進間的車體震動(Kevin Yu, 2017)、車下有源懸吊設備與車體耦合振動研究(田向陽，2018)以及於高速公路交流道路段車體震動研究(Kevin Yu, 2017)等。我們將最初的**時域資料**經由快速傅立葉轉換(FFT)**轉化為頻域資料**後，將所得到的**複數**經由 IMABS 函數轉化為**常值**以利後續進行震幅大小的比較分析，來判斷車體在避震起啟動前後車體穩定度表現是否有差異，整體資料轉換與作圖皆在 EXCEL 與 POWERPOINT 內完成。

由於快速傅立葉轉換本身的取樣數量限制必須為 2 的次方數，加上車體於實驗中 1.17m 的路徑上方平均奔跑時間約 1.5 至 2 秒左右，且本次加速規的資料記錄頻率為每秒 100 次，因此我們取用分析的資料區間為第 60 筆至 187 筆，時間區間為 0.6 秒至 1.9 秒之間。

肆、研究結果

一、新型輪胎與一般輪胎速度與克服地形障礙能力檢測

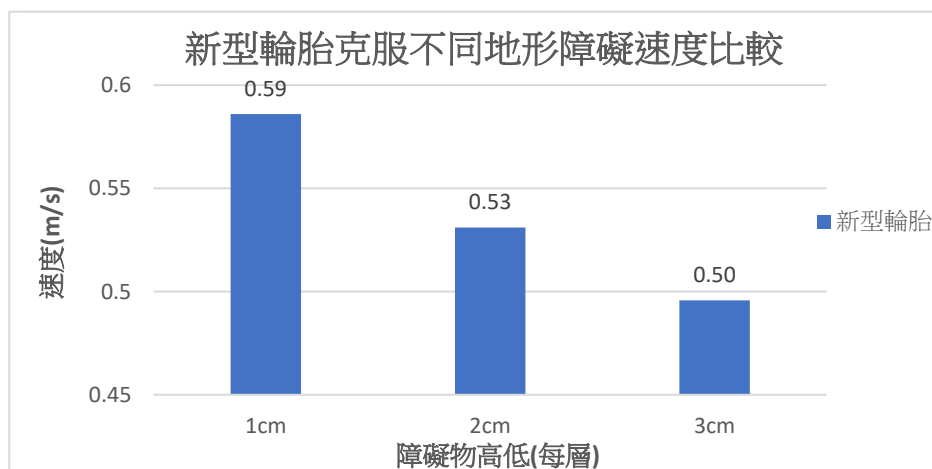
(一)安裝一般輪胎的車體克服地形障礙行進速度



在安裝一般輪胎的速度測量實驗結果如上圖所示，每層**階梯 1 公分高**的組別前進速度是**每秒 0.87 公尺**；每層**階梯 2 公分高**的組別是**每秒 0.57 公尺**；每層**階梯 3 公分高**的組別是**每秒 0.54 公尺**。

一般輪胎能夠克服障礙達到終點組別為每層**階梯 1 公分高**與每層**階梯 2 公分高**這 2 組，而每層**階梯 3 公分高**的組別則在爬至第二階時，即**無法繼續往前邁進**。我們也發現**障礙物越高的組別**車子在奔跑時的速度也越慢。

(二)安裝新型輪胎的車體克服地形障礙行進速度



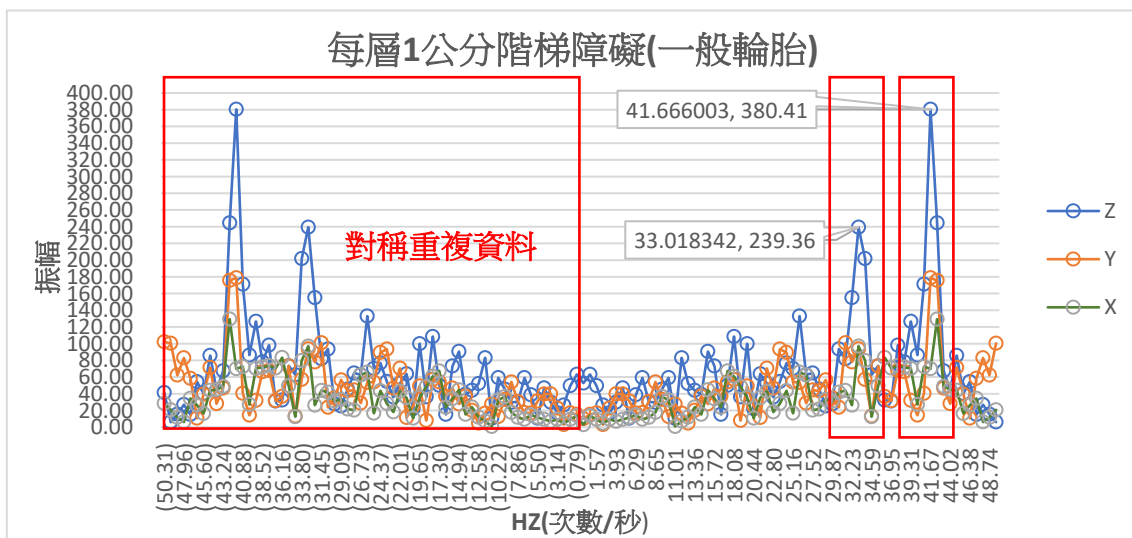
在安裝新型輪胎的車體速度測量實驗結果如上圖所示，每層**階梯 1 公分**高的組別前進速度是**每秒 0.59 公尺**；每層**階梯 2 公分**高的組別是**每秒 0.53 公尺**；每層**階梯 3 公分**高的組別是**每秒 0.5 公尺**。

安裝**新型輪胎**的車體每組皆能夠**克服障礙達到終點**。我們也發現**障礙物越高的組別**車子在奔跑時的速度也越慢。

二、安裝新型輪胎與一般輪胎在克服地形障礙與車體結構震動大小比較分析

(一)安裝一般輪胎時地形障礙與車體結構震動測量結果

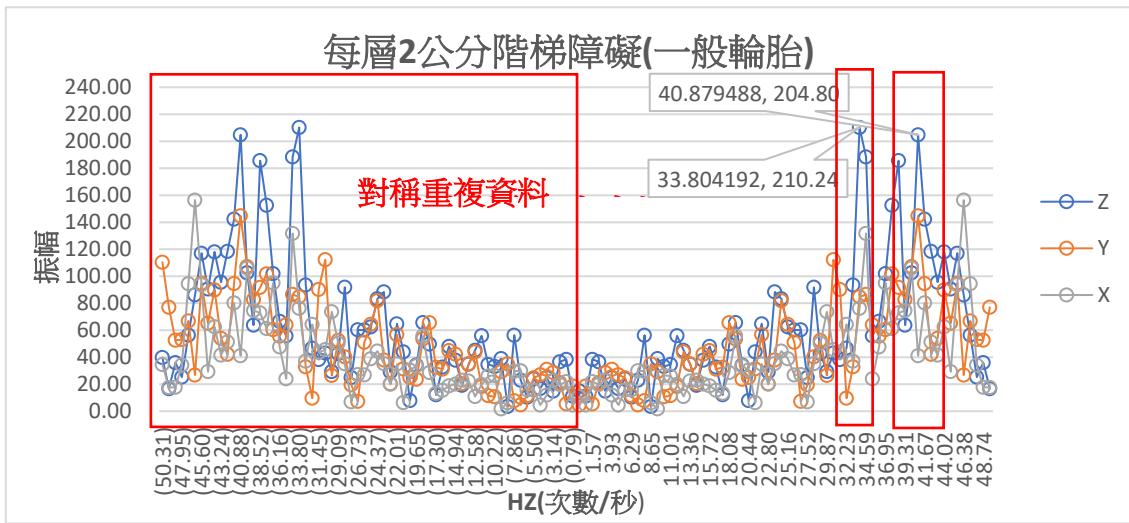
1.每層階梯 1 公分高



我們使用 **IMABS** 函數將 **FFT** 轉換後的**複數**數據轉化為**常值**資料，這會導致我們檢測的數據圖表是對稱的(Kevin Yu, 2017)，所以測試的震動頻率區間為 **0 至 50.31 赫茲**。

由圖表可看出此段頻率區間內車體明顯的震動為 **Z 軸**頻率約 **41.66 赫茲**、**振幅 380.41** 以及**頻率約 33.01 赫茲****振幅 239.36** 的位置，屬於震動檢測區間內較為中高頻的位置

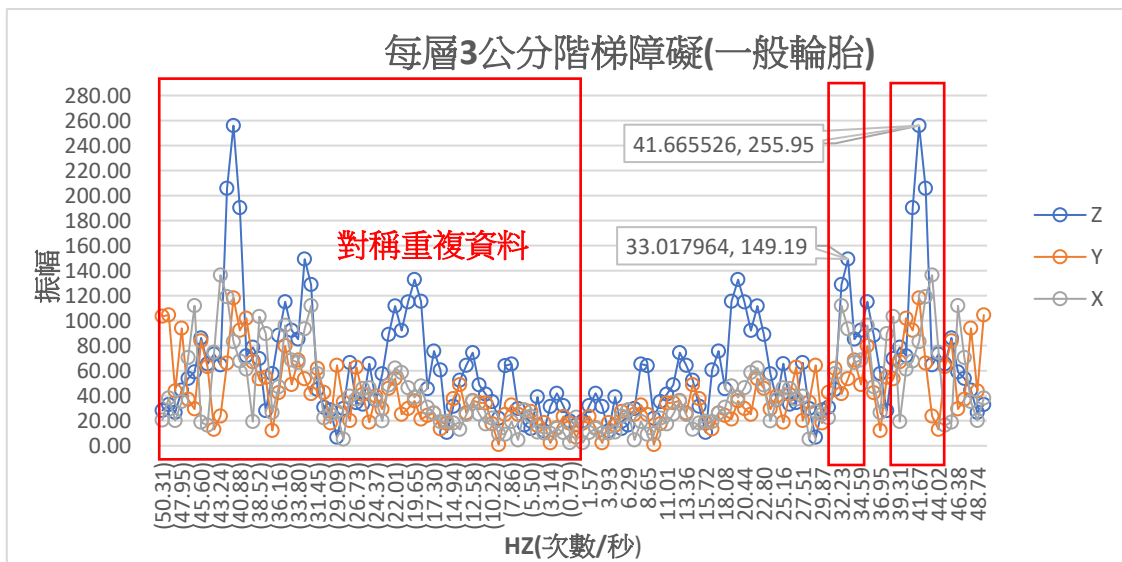
2.每層階梯 2 公分高



我們使用 IMABS 函數將 FFT 轉換後的複數數據轉化為常值資料，這會導致我們檢測的數據圖表是對稱的(Kevin Yu, 2017)，所以測試的震動頻率區間為 0 至 50.78 赫茲。

由圖表可看出此段頻率區間內車體明顯的震動為 Z 軸頻率約 40.87 赫茲、振幅 204.8 以及頻率約 33.80 赫茲振幅 210.24 的位置，屬於震動檢測區間內較為中高頻的位置。

3.每層階梯 3 公分高

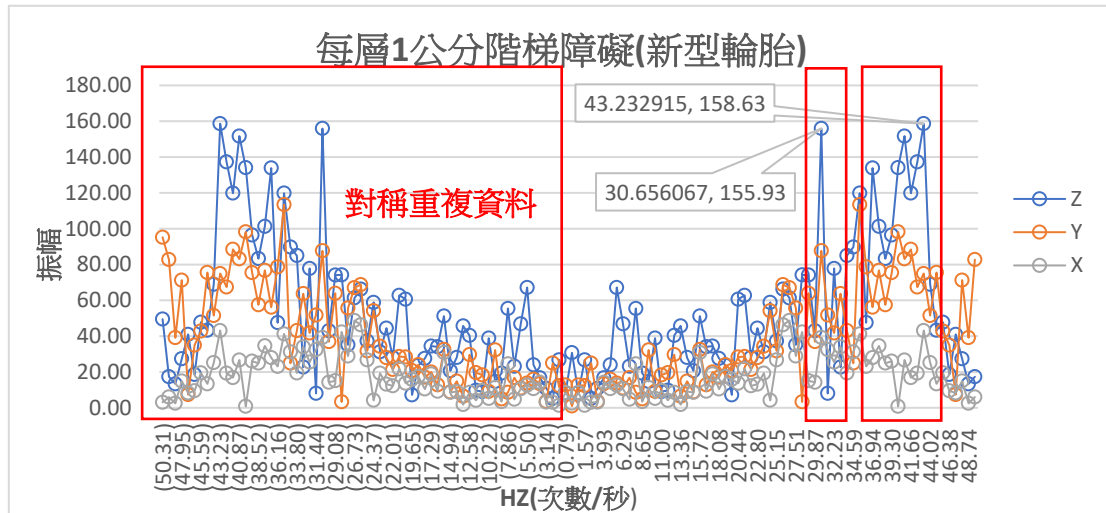


我們使用 IMABS 函數將 FFT 轉換後的複數數據轉化為常值資料，這會導致我們檢測的數據圖表是對稱的(Kevin Yu, 2017)，所以測試的震動頻率區間為 0 至 50.31 赫茲。

由圖表可看出此段頻率區間內車體明顯的震動為 Z 軸頻率約 41.66 赫茲、振幅 255.95 以及頻率約 33.01 赫茲振幅 149.19 的位置，屬於震動檢測區間內較中高頻位置。

(二)安裝新型輪胎後地形障礙與車體結構震動測量結果

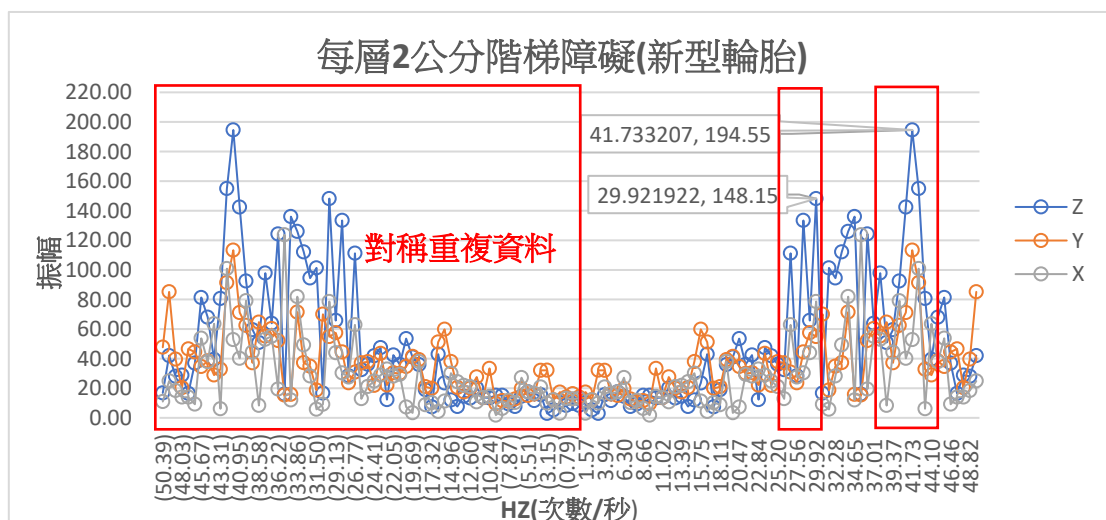
1.每層階梯 1 公分高



我們使用 IMABS 函數將 FFT 轉換後的複數數據轉化為常值資料，這會導致我們檢測的數據圖表是對稱的(Kevin Yu, 2017)，所以測試的震動頻率區間為 0 至 50.31 赫茲。

由圖表可看出此段頻率區間內車體明顯的震動為 Z 軸頻率約 43.23 赫茲、振幅 158.63 與頻率約 30.65 赫茲振幅 155.93 的位置，屬於震動檢測區間較為中高頻的位置。

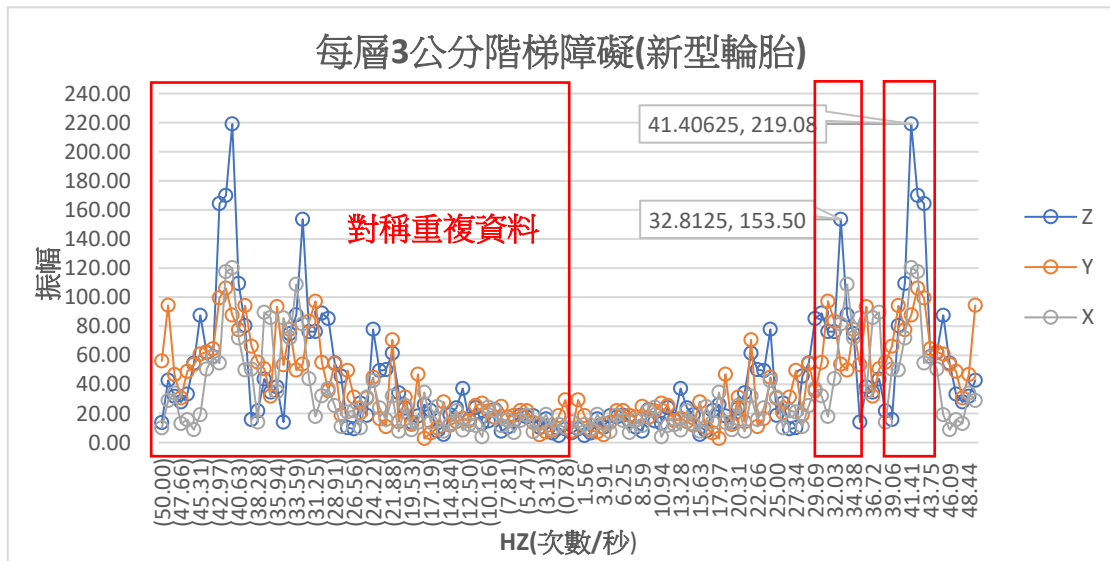
2.每層階梯 2 公分高



我們使用 IMABS 函數將 FFT 轉換後的複數數據轉化為常值資料，這會導致我們檢測的數據圖表是對稱的(Kevin Yu, 2017)，所以測試的震動頻率區間為 0 至 50.36 赫茲。

由圖表可看出此段頻率區間內車體明顯的震動為 Z 軸頻率約 41.73 赫茲、振幅 194.55 與頻率約 29.92 赫茲、振幅 148.15 的位置，屬於震動檢測區間較中高頻的位置。

3.每層階梯 3 公分高



我們使用 IMABS 函數將 FFT 轉換後的複數數據轉化為常值資料，這會導致我們檢測的數據圖表是對稱的(Kevin Yu, 2017)，所以測試的震動頻率區間為 0 至 50.78 赫茲。

由圖表可看出此段頻率區間內車體明顯的震動為 Z 軸頻率約 41.40 赫茲、振幅 219.08 與頻率約 32.81 赫茲、振幅 153.50 的位置，屬於震動檢測區間內較中高頻位置。

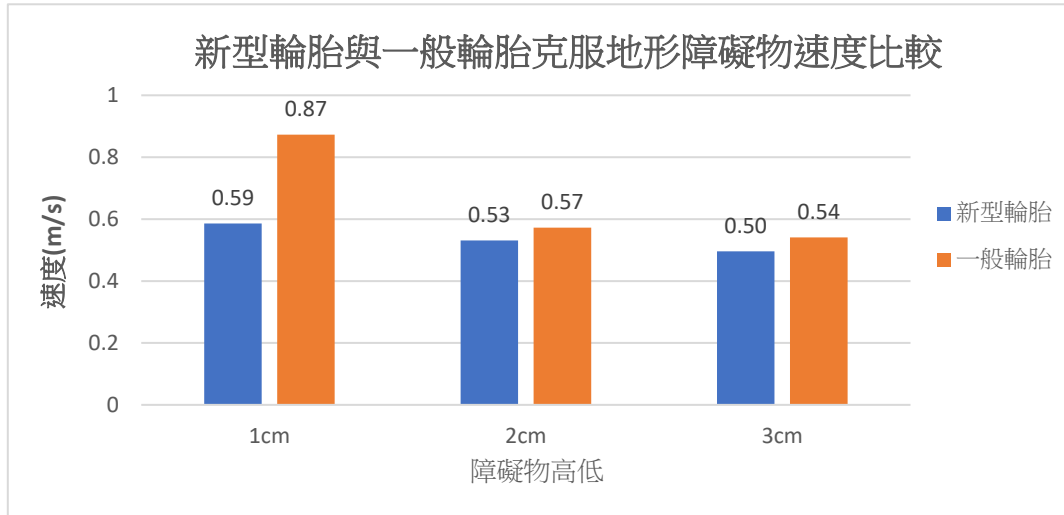
伍、結果分析與討論

一、安裝一般輪胎與新型輪胎在克服不同地形障礙物速度檢測比較分析

(一)障礙地形克服層數描述與討論

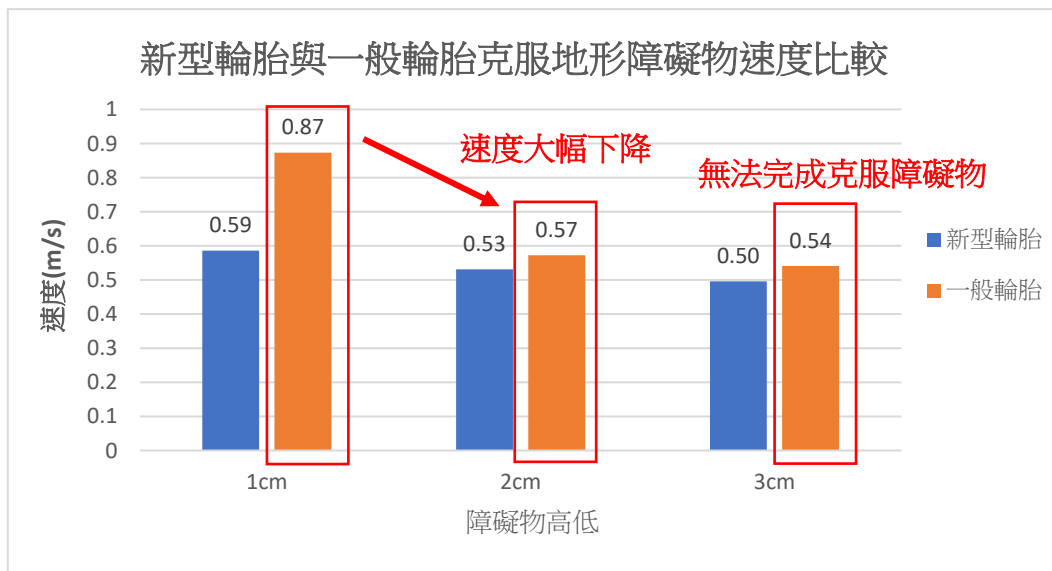
新型輪胎遇到樓梯障礙物會產生形變，階梯每層 1 公分至每層 3 公分皆能夠完全克服障礙物並爬至頂端。相反的安裝一般輪胎時碰到階梯障礙時攀爬上顯得較為吃力，甚至發生無法完全克服每層 3 公分階梯障礙的情形，安裝輪軸避震器確實可以提高整體地形克服的能力。

(二)安裝一般輪胎與新型輪胎整體速度比較



本次實驗發現在速度表現上，**安裝一般輪胎**時的速度皆較**安裝新型輪胎**的速度來的快，和原本預期的實驗結果相互違背。**新型輪胎**在整體移動上反而較慢。推測可能的原因為避震器的收縮導致部分來自馬達的動力被消耗，因而整體在加速表現上不如避震器啟動前的輪胎。

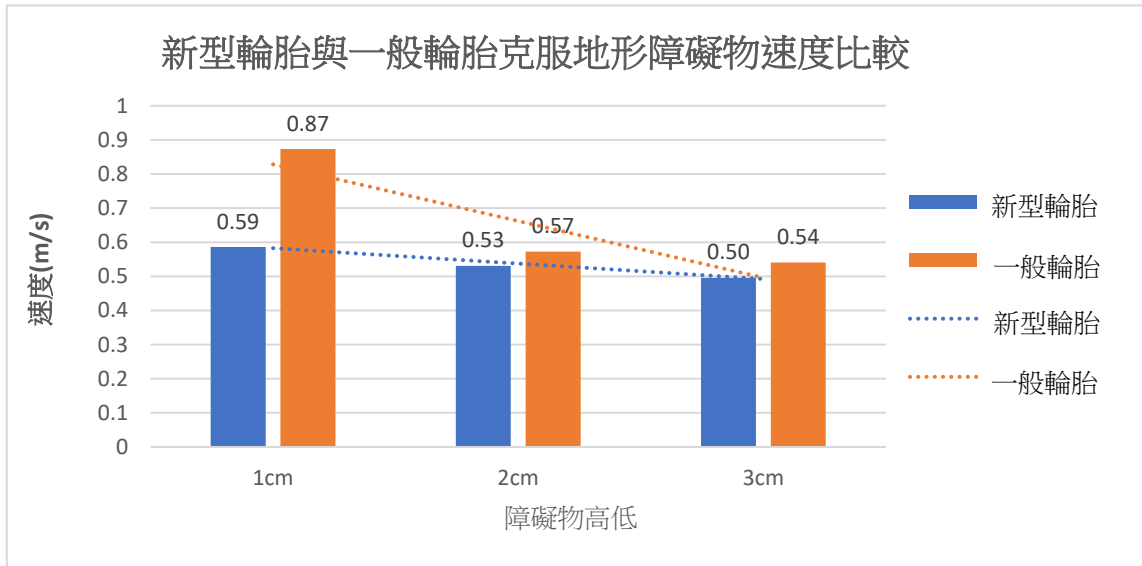
(三)安裝一般輪胎在每層障礙物的速度差異與克服障礙表現



一般輪胎在每層 1 公分的組別有著**速度最快且加速最有效率**的表現。然而遇到每層高度 2 公分的組別，在**攀爬障礙物**上就顯得有些吃力，整體完成速度明顯低於每層高度 1 公分的組別。當遭遇每層高度 3 公分的組別時則**無法完成地形障礙**的攀爬而卡死在階梯之間。

由速度下降幅度與克服障礙的能力可以看出，如果應用於輪椅上方輪軸避震器在平地時或是遭遇障礙物較小，不要啟動輪軸避震器會有不錯的表現，然而當遭遇到較大的地形起伏或是障礙物時整體表現會明顯下滑，甚至發生無法跨越的現象。

(四)安裝一般輪胎與新型輪胎在克服不同障礙物地形時整體行進效率變化



本次研究利用趨勢線來分析輪軸避震器啟動前後在遭遇障礙物時整體的行進效率變化。由上一點討論可以得知一般輪胎遭遇到地形障礙會導致整體表現大幅下滑，然而在安裝新型輪胎後可以看到整體趨勢線斜度較啟用前來的平緩，在面臨不同高度的障礙物時行進速度並未下降太多，可以看出較高的障礙物對馬達動力傳動與整體車子移動表現的影響下降許多，也提供車體能夠完整克服整段障礙物階梯的能力，雖然在平地或是障礙物較低時平均速度表現較慢，但克服地形障礙的能力卻較一般輪胎表現來的佳。

二、一般輪胎與新型輪胎克服障礙地形時對車體結構震動大小比較分析

(一)震動分析只擷取分析每秒震動 0 次至 50 次的低頻震動區間是否合適

本次實驗由於手機加速規每秒最多記錄約 100 筆資料，加上對數值進行 FFT 與 IMABS 轉換後的結果，導致最終只可分析頻率落在 0 至大約 50 赫茲之間的震動。

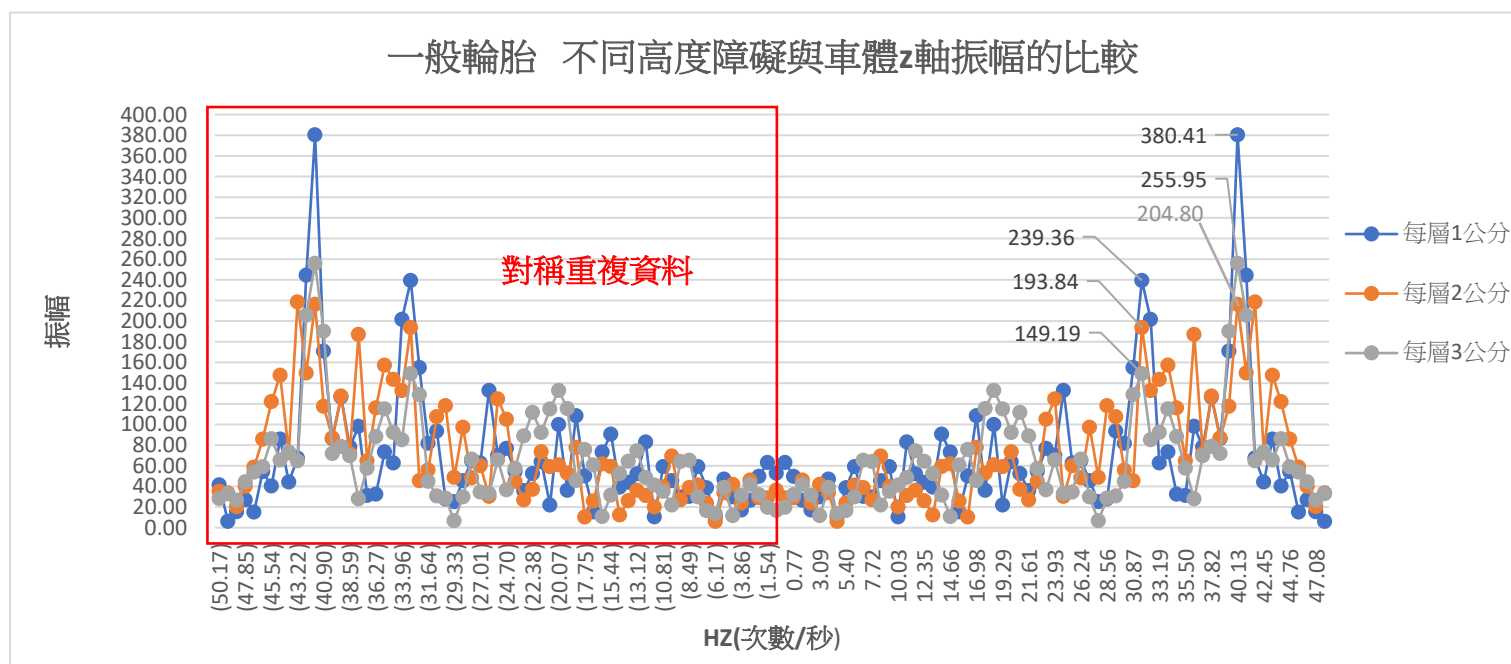
然而以正常行駛的汽車為例，不同頻率的震動在理論上、且事實上就有非常多個，不過人們能夠明確感受得到的震動大多頻率相當低，且頻率較低的振動現象較為顯著

(王栢村，2007)。而國際標準「ISO 2631-1 全身振動暴露評估指引」內也提到一般而言，全身振動的主要頻率在 1~80Hz，因此從振動觀點來評估汽車的舒適度時，只需考慮這個頻率範圍所產生的影響(張偉倫，2009)。由於測量器材與實驗進行的限制，我們只能以 0 至 50 赫茲的震動取樣區間來盡量貼近國際標準的 0 至 80 赫茲震動區間來進行討論分析。

(二)輪胎克服不同地形障礙所產生的車體震動比較

由實驗數據可以得知大約在頻率 30~36 赫茲之間和 40~43 赫茲之間具有較為明顯的震動，其中以 Z 軸，也就是垂直於地面的加速度振幅變化最為明顯。此外本次實驗加裝的輪軸避震器亦為垂直於地面的 Z 軸方向，因此在比較車體震動時主要以 Z 軸之振幅進行比較。

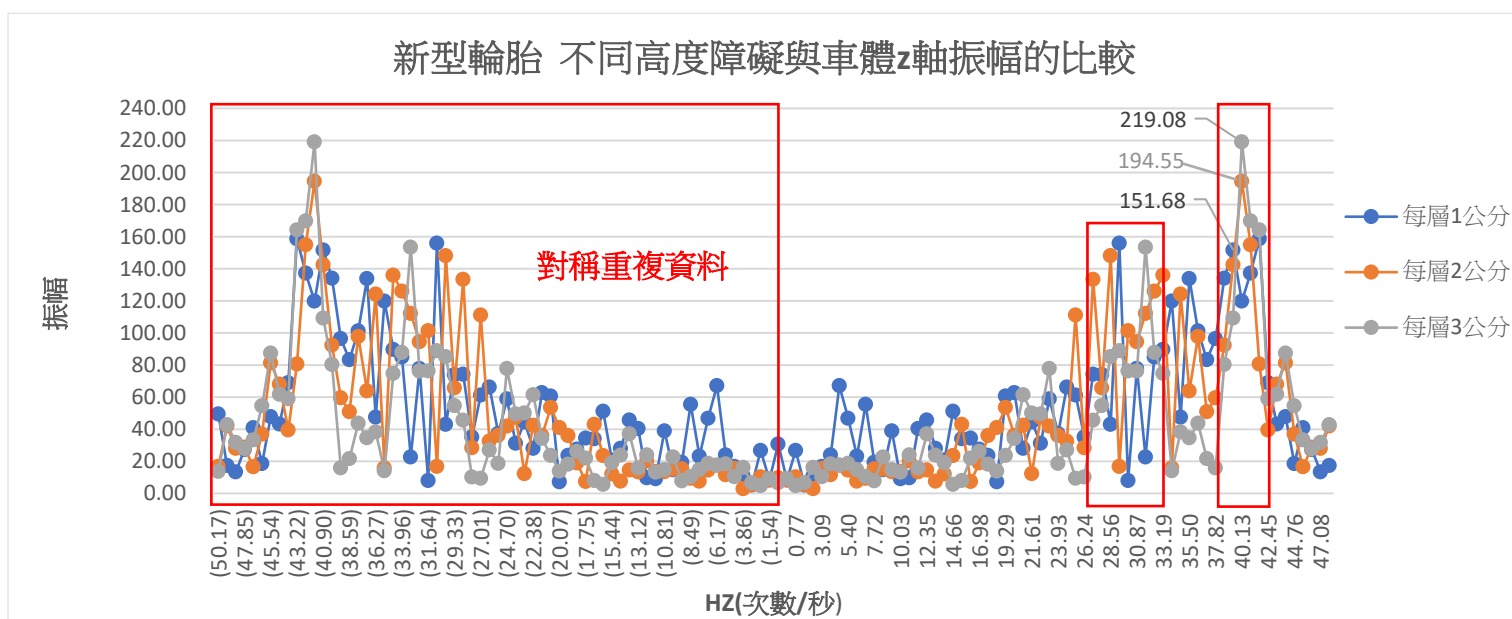
1.安裝一般輪胎時不同高度障礙與車體 z 軸振幅的比較



由上表可以得知在安裝一般輪胎的情況下，克服障礙物時在頻率 40~43 赫茲之間的震動大小排序為每層 1 公分>每層 3 公分>每層 2 公分，振幅分別為 380.41、255.95、204.80；在頻率 30~36 之間的震動大小排序為每層 1 公分>每層 2 公分>每層 3 公分，振幅分別為 239.36、193.84、149.48。

此實驗數據和一開始的預期實驗結果不相符，原本預想整體震動的振幅大小應該會隨著障礙物的增高而上升，然而只有在**頻率 40~43 赫茲**之間，**每層 3 公分(255.95)>每層 2 公分(204.80)**符合實驗預期。經由觀察，推測可能造成的原因為車體以較高的速度越過高低差較小的地形障礙，因而導致車體行進間產生**大幅度的彈跳**，甚至有出現實驗失敗直接彈出並偏離實驗路徑的情形，因而導致較大的震動(振幅 380.41)出現，在乘坐上舒適度為**每層 2 公分>每層 3 公分>每層 1 公分**。

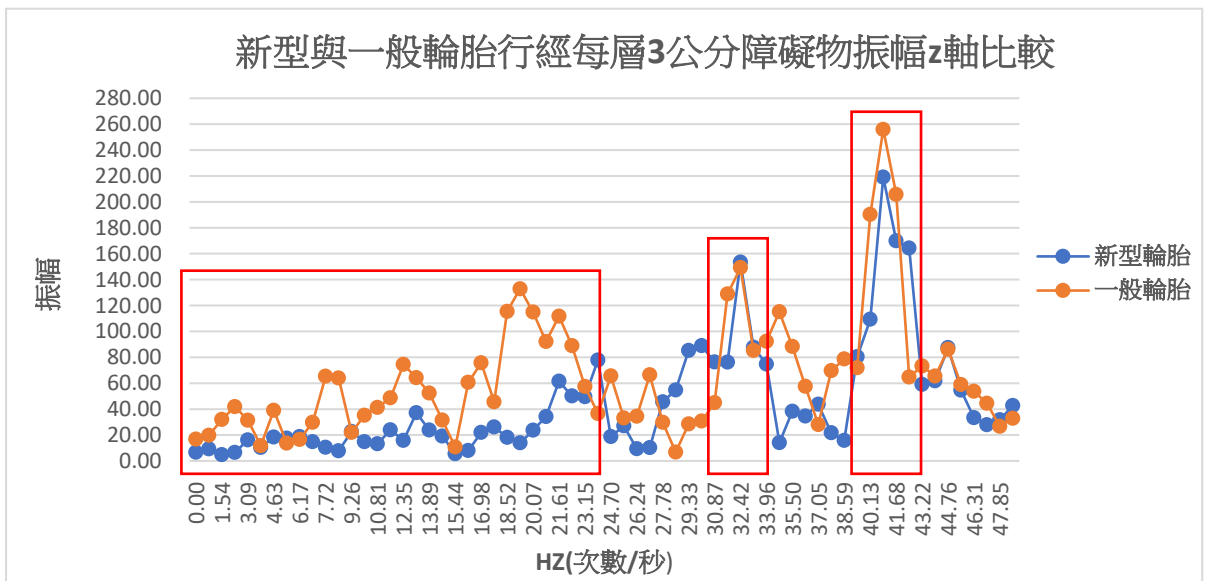
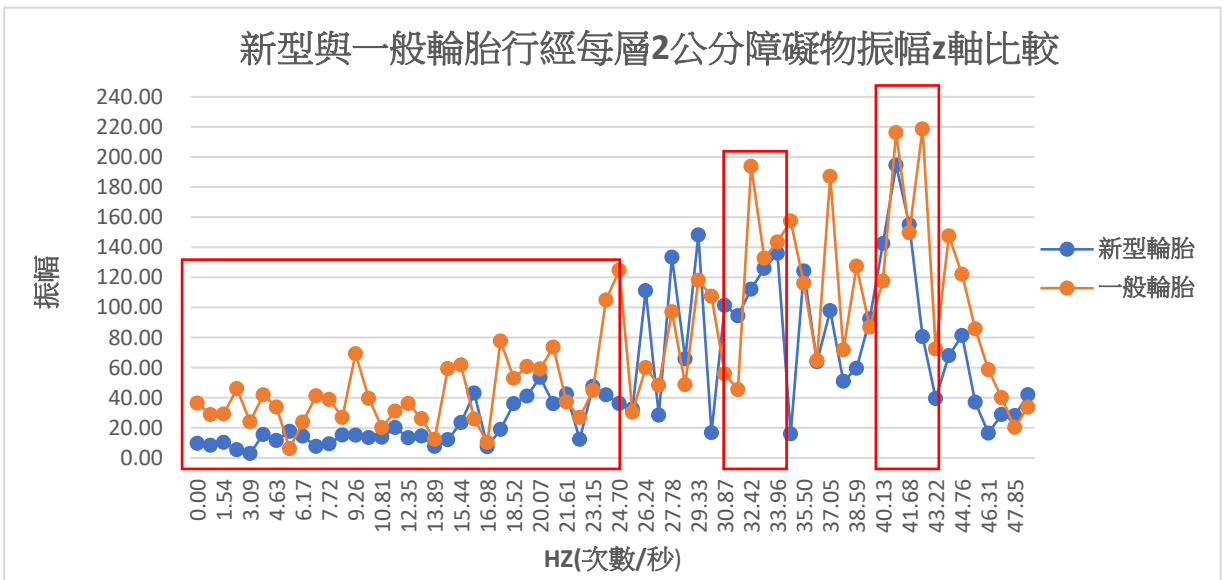
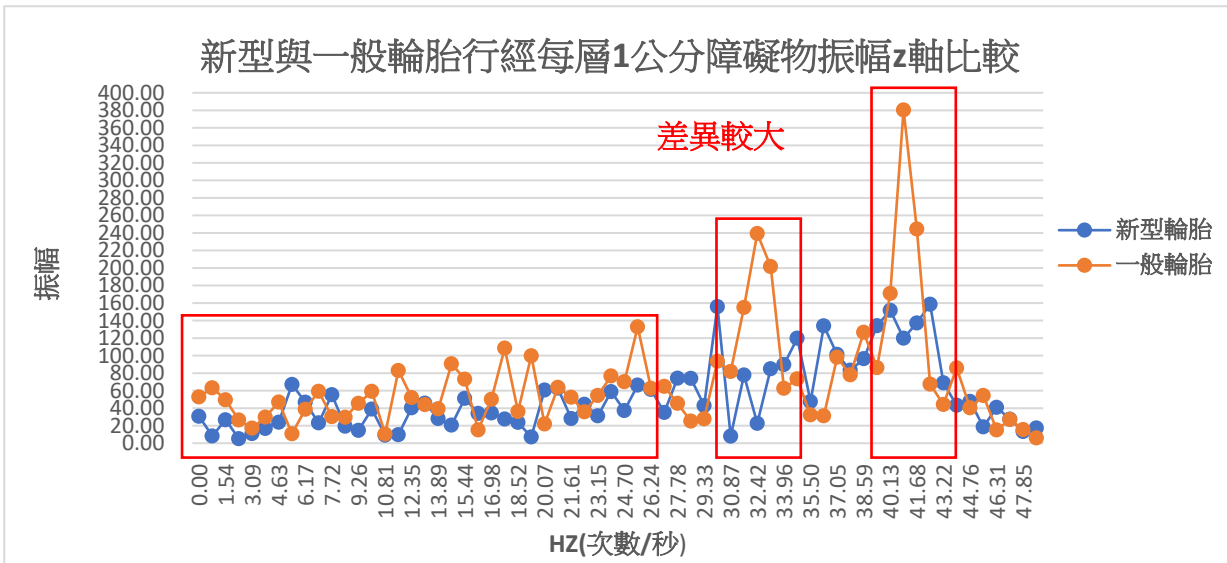
2.安裝新型輪胎時不同高度障礙與車體 z 軸振幅的比較



由上表可以得知在安裝新型輪胎的情況下，克服障礙物時在**頻率 40~43 赫茲**之間的震動大小排序為**每層 3 公分>每層 2 公分>每層 1 公分**，振幅分別為 219.08、194.55、151.68；在**頻率 30~36 赫茲**之間震動的大小排序則非常不明顯。

此實驗數據和一開始的預期實驗結果則較相符，隨著障礙物的增高，地形起伏增大，車體在差不多的速度下越過障礙物時，所產生較大的震動(**頻率 40~43 赫茲**間)的振幅亦隨之提升，在乘坐上舒適度為**每層 1 公分>每層 2 公分>每層 3 公分**。

(三)安裝新型輪胎和一般輪胎在不同地形障礙上的震動比較



1. 整體綜合分析比較

不論障礙物高低，安裝**新型輪胎**時出現在車體上**較大震動(頻率 30~36 赫茲與頻率 40~43 赫茲)**的振幅皆比**一般輪胎**來的低。此外也可以觀察到**頻率約 0 到 24.7 赫茲**的震動振幅皆以**新型輪胎**來的小，代表車體行進間較為穩定，上方的乘客在乘坐上可能感到較為舒適。

2. 安裝新型輪胎與一般輪胎在每層 1 公分的障礙物上方震動頻率約 40

~43 赫茲與 30~36 赫茲的振幅差異較大的原因

由每層一公分障礙的比較圖可得知，輪軸避震起啟動前後車體上方產生的震動**(頻率約 40~43 赫茲)**的振幅相差了 2 倍以上(380.4 與 158.63)，經由實驗中觀察車體的行進速度與克服障礙物時的移動狀況，推測可能原因為**新型輪胎**整體移動**速度較慢**，突然接觸高低差較小的地形障礙時也能夠藉由**避震器產生形變**，讓內部彈簧吸收一部分的衝擊力使整個車體更趨於穩定。相反的，**一般輪胎**雖然馬達的動力能夠更有效率的傳遞，使其在**移動速度表現上較佳**，但在較快的速度下且**缺乏結構上的緩衝**，直接接觸高度差小的障礙物會使車身產生較大的衝擊力，因而**產生巨大的震動**，甚至有彈飛偏離路徑的現象，因而導致上圖的結果。

(四)在輪椅內加裝新型輪胎對行進間效益的提升與可能的應用

由速度比較的討論可得知，**新型輪胎**整體移動**速度**相較於**一般輪胎**來的**緩慢**，在動力傳遞上方以**一般輪胎**來的較佳，這意味著乘坐者能夠以較省力的方式讓輪椅前進。但在**面臨到地形障礙**例如凹凸不平的地表、小型的階梯、地上的減速丘等障礙物時，則可以看到**整體表現的下降**，包含**彈飛**、產生較大的**震動**、**速度大幅減慢**甚至產生**無法克服地形障礙**的情形，對於輪椅的乘坐者來說是不安全且不舒適的。相反的我們可以看到**新型輪胎**在面臨障礙物時，速度表現僅有**小幅度的下降**，整體**速度變化趨於平緩**，這意味著雖然在平地或小幅度高低差時動力傳遞較差，乘坐者可能要消耗較大的力才能前進，但在**面對較高障礙物**時，相同的動力來源卻可以讓車體以差不多的動力消耗效率來克服地形，使**整體速度不致於下滑太多**，對於輪椅使用者在面臨樓梯等障礙物時能夠較為容

易地進行攀爬。

由震動比較的討論也可得知，**新型輪胎**整體**震動的震幅較小**，乘坐者能感覺較為舒適，碰到**高低差較小的地形障礙**時也能**減少彈飛與大幅震動**的情形，對於輪椅乘坐者的安全性考量也有一定程度的參考價值。

陸、結論

一、安裝新型輪胎與一般輪胎車體的速度比較

速度表現上**新型輪胎**皆較**一般輪胎**來的慢，整體行進間需要較多的動力消耗。但**新型輪胎**在面臨到障礙物時速度並未產生大幅度的下降，整體在克服地形障礙上所耗損的動力較低。

二、安裝新型輪胎與一般輪胎車體的震動比較

不論在面臨哪一種高低差的障礙物，安裝**一般輪胎**的車體震動皆較**新型輪胎**來的高，代表輪軸避震器具有一定的**抗震作用**，對乘客的安全性與舒適度有一定程度的提升。

三、安裝新型輪胎與一般輪胎的車體克服地形障礙的能力比較

安裝**一般輪胎**時車體只能克服每層 1 公分與每層 2 公分的階梯障礙物，在每層 3 公分的障礙物前車體則會卡死在階梯之間。反之安裝**新型輪胎**後車體皆能夠順利攀爬至障礙物頂端，克服實驗中所設計的地形障礙，在面臨不同障礙物時**速度改變幅度與震動大小**的檢測比較上，安裝**新型輪胎**皆優於安裝**一般輪胎**的表現。

四、輪椅上方的實際應用與限制

綜合這次研究初探所得出的結果，安裝**新型輪胎**確實可以**提升**車體在行進中的**穩定度與安全性**，面對不同的地形障礙時，避震器提供的緩衝效果有效**減少彈跳震動與動力耗損**。然而在一般平坦路面行走時，在**動力傳遞效率**上安裝**新型輪胎**則較安裝**一般輪胎**的車體表現來的差。因此我們討論後覺得如果能夠讓乘坐人員依照不同地形需求來自行切換輪軸避震器的啟動與否，能夠同時兼顧穩定性、安全性以及在動力消耗上取得一定程度的平衡，會是比較可行的折衷辦法以及後續優化輪軸避震器相關研究進行的方向。

柒、參考文獻資料及其他

一、未盡事宜與後續研究方向

(一)新型輪胎輪軸避震器部件彈簧剛性的選擇

本次輪軸避震器所使用的彈簧部件並無進行不同剛性的彈簧來進行比較，因而無法得知在不同剛性的彈簧下，整體的表現差異性如何，然而彈簧的剛性對車體結構整體表現上有著非常大的影響(徐正會、黎惇弢，2003)，因此在研究上應該要先選擇並調整好彈簧部件剛性與車體的最佳配重之後再進行研究較為合適。

(二)新型輪胎輪軸避震器彈簧部件材質的選擇

輪軸避震器在製作並實驗完畢之後於收納櫃放置一段時間，發現彈簧部件上方出現氧化的情形，整體剛性似乎下降了一些，之後在材料選用上應該要更加仔細，選擇抗氧化的部件材料或液壓式避震管，以防止因為氧化導致整體輪軸避震器的性能下降。

(三)測量模擬的車體老舊與結構傾斜問題

本次實驗用來模擬輪椅的遙控車體本身較為老舊，在懸吊系統與結構上有輕微歪斜的情形發生，在實驗進行前有使用束帶對其進行加固，使其能夠盡量穩定在實驗路徑上方直線前進，但實驗距離較長則會導致實驗測量失敗的情形發生，因此最後只採用整段跑動距離 117 公分(90 公分平地與 27 公分障礙物)，間接影響了量測時間的長短以及震動分析取樣的解析度，而使實驗可能產生誤差。

(四)加速規的選用與震動頻率區間的檢測

這次實驗使用的加速規量測記錄頻率為每秒接近 100 次，經過快速傅立葉轉換與 IMABS 函數處理後只能夠檢測到頻率 0 至 50 赫茲的震動。日後進行實驗時宜選擇每秒紀錄至少 160 筆以上的加速規，如此檢測出來的數據才能涵蓋國際標準 ISO 2631 全身振動暴露評估指引所提及 1~80Hz 的震動區間，較能貼近實際結果。

二、參考資料

(一)期刊論文與書籍

田向陽。2018。車下有源懸吊設備與車體耦合振動研究。雜訊與振動控制。Vol. 38, NO.1。

林鼎崙。2009。電腦輔助全懸式自行車車架結構與避震系統特性分析與改良。

宜蘭大學碩博士論文。Item 392340000/553。

徐正會、黎惇弢。2003。車輛多連桿懸吊系統之分析。中華民國第二十七屆全國力學會議。

洪連輝等。2022。自然科學課本二上。南一出版社。

黃鴻博。2023。六下自然與生活科技。南一出版社。

(二) 網路資料

Eva Huang。2017。Flexup 智能輪胎，連輪胎也要創新。數位時代百科。網址:

<https://www.bnext.com.tw/article/45461/>。

Kevin Yu。2017。手機在振動量測上的應用。Blogger.com。

網址: <http://bloggerkevinyu.blogspot.com/2017/11/mobilephone4vibrationdetetion.html>

Kevin Yu。2017。快速傅立葉轉換的進行與處理。Blogger.com。

網址:<http://bloggerkevinyu.blogspot.com/2017/11/FFTwithExcel.html>

王栢村。2007。震動知多少。科技大觀園。網址: <https://reurl.cc/Y8q06n>

張偉倫。2009。淺談國際標準 ISO 2631。ARTC。

網址:<https://www.artc.org.tw/tw/knowledge/articles/58>

共同作者。2017。連子彈都打不爆的輪胎，你見過嗎。壹讀。

網址: <https://read01.com/NyBeKGR.html#.Y7kZN3ZByUk>。

共同作者。2022。懸吊系統。維基百科。網址: <https://reurl.cc/rZqLy4>。

【評語】 032803

1. 本作品為發想新型輪椅，以輪幅導入彈性的方式，使分成四等分的輪圈具備適應非平面地形的能力。團隊有開發出系統原型，並針對爬樓梯時的穩定度以及動力傳遞上進行實驗與分析。議題本身呼應實際需求，探究過程具備發想到實驗測試，具有一定的完成度，值得肯定。
2. 讓輪椅可在非平面地形上移動一直是一個大家奮鬥的目標，具有高度需求，若能開發成功，對於身障或銀髮族是一大福音。
3. 輪椅系統中多樣參數均會影響整體系統的表現，如四個胎皮的初始外擴距離、彈簧的彈性預壓量和彈性係數（使用時會因乘座者體重不同而有不同表現，屆時這兩個參數需要因應乘座者體重來調節？）、樓梯的尺寸等。建議在如報告中完成初步實驗驗證和確認可行性後，仔細分析各個參數對系統表現的影響。
4. 目前原型搭建以小比例進行，惟仍須注意輪椅各個部分尺寸的比例，以及測試環境如階梯尺寸的比例。另外，測試時應該納入乘座者一起考量。乘座者身體姿態高，上樓梯時重心後傾，整體系

統的重心平衡就為關鍵。輪椅系統在使用時，安全性和穩定性為極重要的考量。

5. 報告摘要中論述著重在省力和效率，惟後續實驗則著重在速度和穩定度，兩者的關連性宜有進一步連結。

作品海報



新型輪椅輪胎發想與應用研究初探



摘要

生活中，常常會遇到身障者坐著輪椅十分不便，並非每一個樓梯旁都有無障礙坡道。本次研究主要**利用彈簧製作輪軸避震器**將輪子內部結構進行改裝，使其**能夠克服高低差地形**，藉由避震器受力產生壓縮變形的特性，使輪胎在碰到樓梯等障礙物時能夠產生形變，以致於能夠用**更省力且有效率**的方式**爬上樓梯**，這次研究會針對改裝後的輪胎在爬上樓梯時的**穩定度表現**以及**動力傳遞**上進行檢測。實驗發現啟用輪軸避震器後，雖然在平地行走時整體動力傳遞效率較未啟動的輪軸避震器來的差，但在克服地形障礙時不論穩定度與安全性皆較未啟動的輪軸避震器來的佳。並**期待能夠應用在輪椅上**，使身障者不必倚靠無障礙坡道即可輕易克服階梯障礙，省去尋找與移動上的麻煩。

關鍵詞：輪胎、彈簧避震器、克服地形障礙

壹、研究動機

研究動機

輪子是圓的，當遇到樓梯或人行道這類高低起伏的地方會難以行駛，而非所有地方都有殘障坡道，對**乘坐輪椅的行動不便者**是一大麻煩。

- 本次研究主要為**發想新型輪椅輪胎**。
- 利用**彈簧**製作**輪軸避震部件**將輪子內部結構進行改裝，使其能夠適應高低差地形，並提升穩定度與安全性。

新型輪椅輪胎發想與模擬示意圖



改裝前輪椅乘坐者可能遇到的問題

重力力矩與摩擦力

- 重力**力矩過大**，輪胎提供動力不足原地**卡死**。
- 障礙物前**原地打滑**，無法上樓梯亦**無法移動**。

提升整體行進間的穩定度

- 一般輪胎由內部氣體壓力與鋼圈提供支撐力。
- 在遇到**凹凸**的地面與快速前進產生**較大幅度**的**震動**，容易使乘坐者產生**不舒適**的感覺。

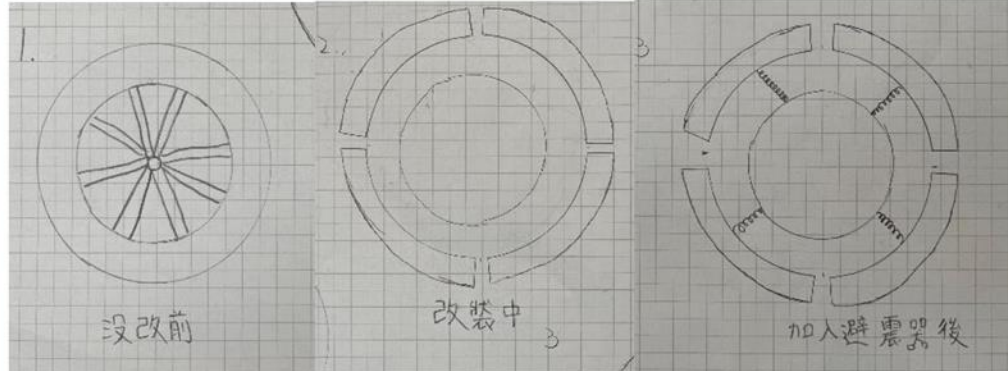
整體行進間的安全性

- 一般輪椅**無避震結構**，速度過快容易產生**大幅度跳動**與**偏離行進路徑**，造成**安全性上的疑慮**。

設計原理與目標

在輪胎內部增加避震結構達到改善穩定度與提升克服地形障礙的能力

- 變形後輪胎能夠卡住階梯提供**充足支撐面**。
- 從輪胎內部**吸收震動**，達到行進間**保持穩定**的效果使輪椅乘坐者更為安全。



研究目的

本研究欲觀察與解決的問題敘述如下

- 無障礙空間**設計不易**，仍然有許多較為老舊的階梯**不具備無障礙坡道**，非常不方便。
- 利用輪胎表面的結構變形使在爬上具有高低差的地面時能夠**更為省力且有效率**。
- 利用輪胎的**避震結構**使其在行走於不平穩的路面時**維持穩定的狀態**。
- 新型輪胎能夠**攀爬並行走於階梯**等地形障礙。

貳、研究設備及器材

輪胎測試動力來源: MAXXIS越野遙控車

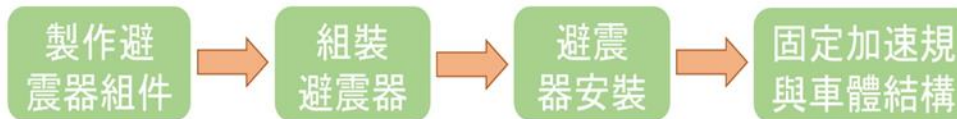
輪胎組裝部件材料



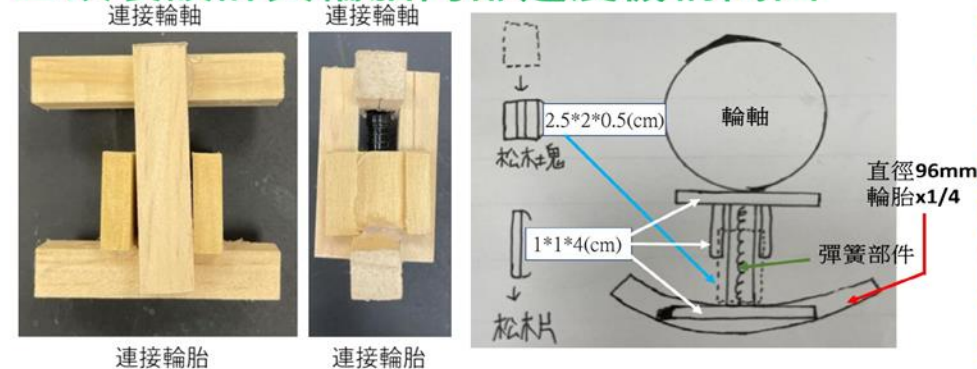
新型輪胎--彈簧剛性x1

新型輪胎--彈簧剛性x2

參、研究過程與實驗方法



改裝設計與輪胎內部避震機構簡圖



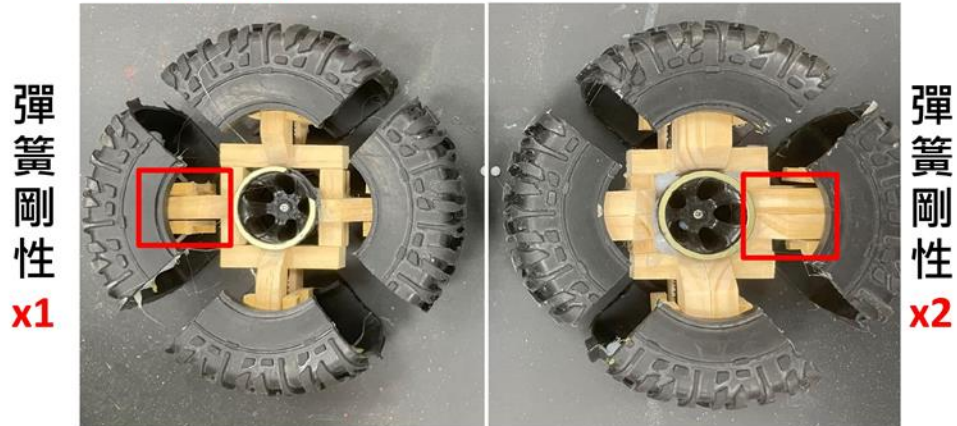
新型輪胎製作(實驗組-避震結構啟用)

- 製作避震器組件: 使用**線鋸機**與**鑽孔機**



- 組裝避震器: 使用**熱熔膠**接合材料部件

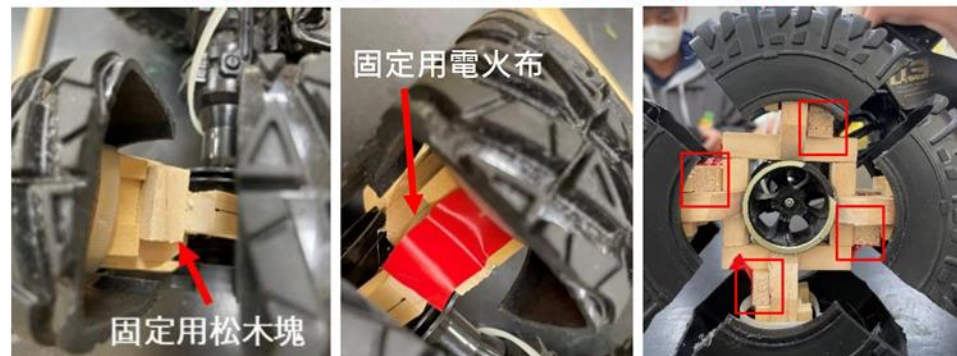
- 避震器安裝: 將避震結構連結至輪軸與輪胎並使用**砂輪機**調整部件使其密合



一般輪胎製作(對照組-避震結構不啟用)

關閉輪軸避震器的方法與組件

- 利用1*1*2(cm)**松木塊**進行控制
- 塞入並**填滿**提供避震部件**伸縮的空隙**



參、研究過程與實驗方法

穩定車體結構與安裝加速規

固定與安裝加速規方法

- 利用**束帶**加強車體結構，**調整**實驗開始前**車體傾斜角度**
- 將**加速規**以**束帶**牢牢**固定**於車體上方以利後續實驗進行



實驗中的操作變因

- 輪軸避震器**正常運作(新型輪胎)**與**停止運作(一般輪胎)**
- 比較不同**障礙物高低**所產生的影響
- 比較不同**彈簧剛性**對車體震動所產生的影響



實驗操作進行

車體速度與克服地形障礙能力檢測

完整**測量距離**為**117公分**(樓梯障礙27cm，平地90cm)

計時標準與數據紀錄

車子**啟動**時**開始**計時，**到達終點**或**卡住**則**停止**計時
避震器啟動前後**移動速度**與**克服障礙**速度的差異性

數據分析

- 製作**長條圖**進行簡易比較分析。
- 使用**趨勢線**觀察克服不同高度的障礙物時車體**速度的變化程度**。

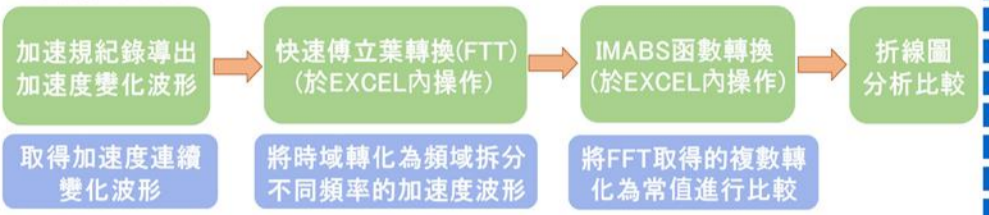
行進中車體穩定度檢測

完整**測量距離**為**117公分**(樓梯27cm，平地90cm)

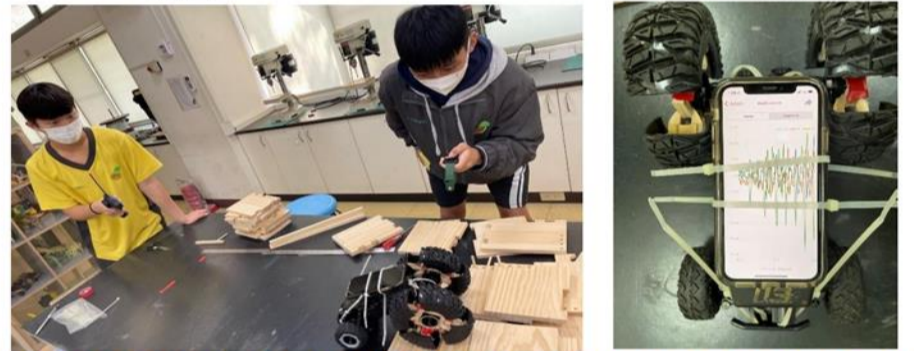
實驗方法與數據紀錄

- 加速規紀錄因震動而產生**X、Y、Z**三軸的**加速度**變化
- 取樣頻率為**每秒100次左右**
- 觀察記錄整體奔跑時發生的狀況

數據分析



- 加速規所記錄的**加速度波型**過於**複雜**難以分析
- 利用**快速傅立葉轉換**將不同頻率的波**拆分**比較**加速度震幅**大小
- 樣本數量限制必須為**2次方數**，共採樣**128筆**資料
- 採樣區間為**0.6~1.9秒**之間，資料編號**60~187**



肆、實驗結果與分析

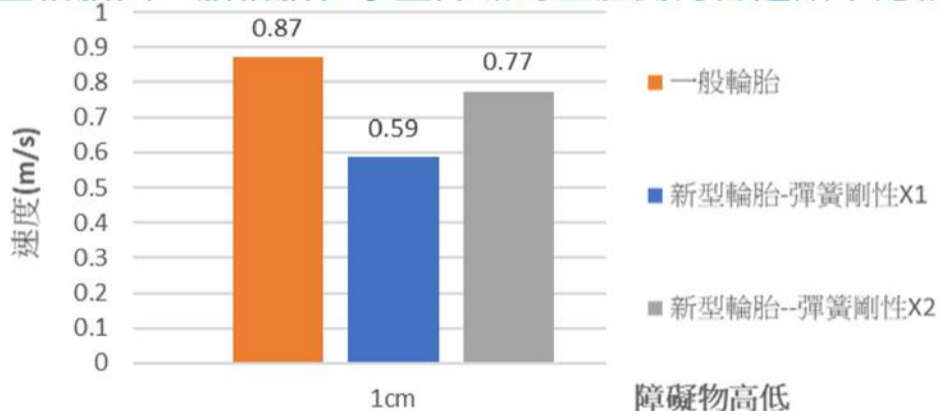
一般輪胎與新型輪胎動力傳遞與克服障礙能力比較

克服障礙地形層數描述與討論

- 一般輪胎: **能夠**克服每層**1cm、2cm**的障礙物
無法克服每層**3cm**的障礙物
- 新型輪胎: **能夠**克服每層**1cm~3cm**的障礙物

新型輪胎確實可以提高整體地形克服的能力

新型輪胎與一般輪胎在小型障礙時整體動力傳遞效率比較



- 動力傳遞效率表現: **一般輪胎**皆較**新型輪胎**來的**佳**
無彈簧>**彈簧剛性x2**>**彈簧剛性x1**

輪胎的形變可能導致部分來自馬達的動力被消耗
因此輪胎形變越少速度越快

真實狀況模擬下不同剛性輪胎速度比較

現實物件比例分析(參照PIHARA鋁合金輪椅PH-163KB)

- 尺寸比例: 輪椅輪胎55.88cm 標準階梯高度-15cm
輪椅輪胎/標準階梯高度比值 - **3.73**
- 重量比例: 輪椅重量-17.5kg 老人平均體重-53.2±10.6kg
老人平均體重/輪椅重量比值 - **3.04**

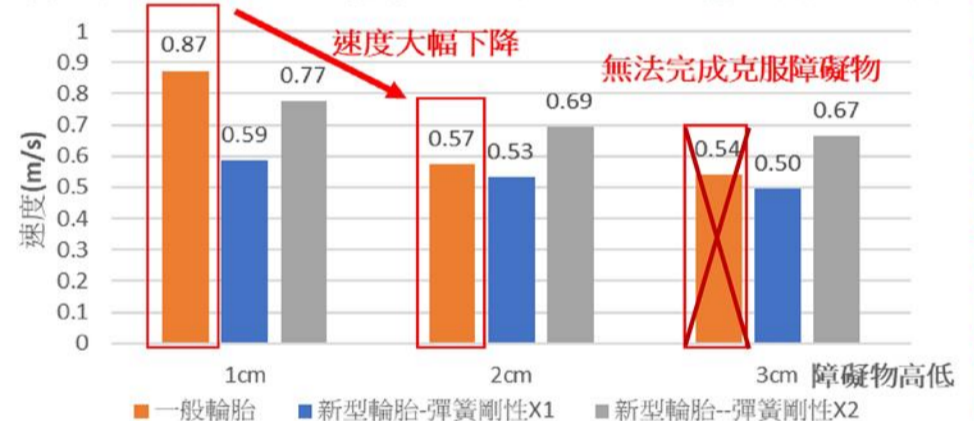
模擬物件比例分析

- 尺寸比例: 模擬輪胎-11.6cm 模擬階梯高度-3cm
模擬輪胎/障礙物高度比值 - **3.87**
- 重量比例: 車體重量-0.8kg 負重-2.4kg(砝碼2.2+手機0.2kg)
車體負重/模擬車體重量比值 - **3**

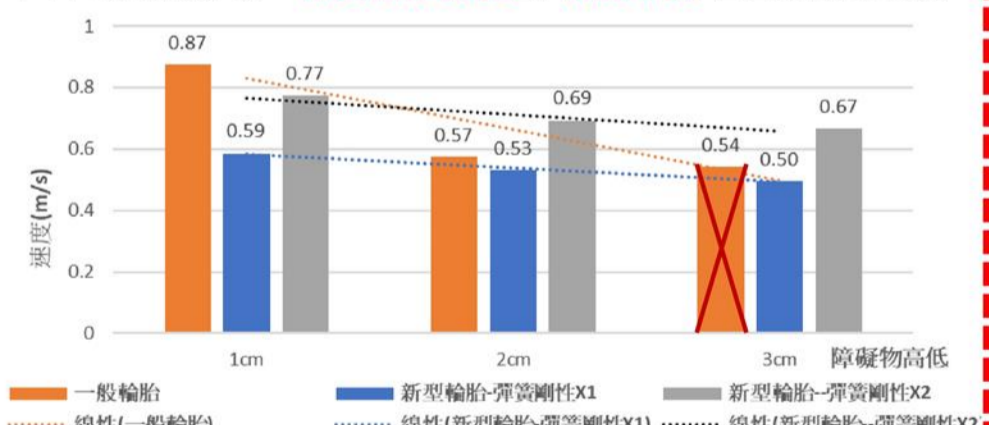
新型輪胎彈簧剛性與人體模擬負重比例分析

- 彈簧剛性X1: 剛性-150g/負重-2.4kg 剛性為**人體6.25%**
- 彈簧剛性X2: 剛性-300g/負重-2.4kg 剛性為**人體12.5%**

新型與一般輪胎克服不同地形障礙物時行進效率比較

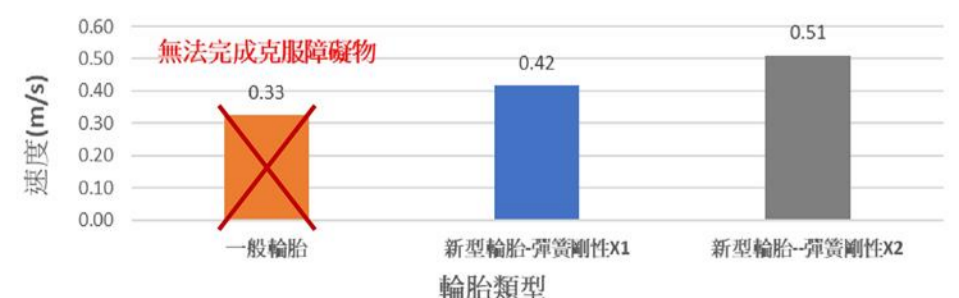


- 障礙物較小: **一般輪胎**動力傳遞效率**表現較佳**
- 障礙物較大: **一般輪胎**表現會**明顯下滑**甚至**無法完成**



- 一般輪胎: **大型**障礙時動力傳遞效率**表現大幅下滑**
- 新型輪胎: **大型**障礙時動力傳遞效率**表現並未下降太多**

雖然新型輪胎在平地動力傳遞效率較差
但克服地形障礙的能力卻優於一般輪胎
彈簧剛性x2在克服地形障礙上效率表現最佳

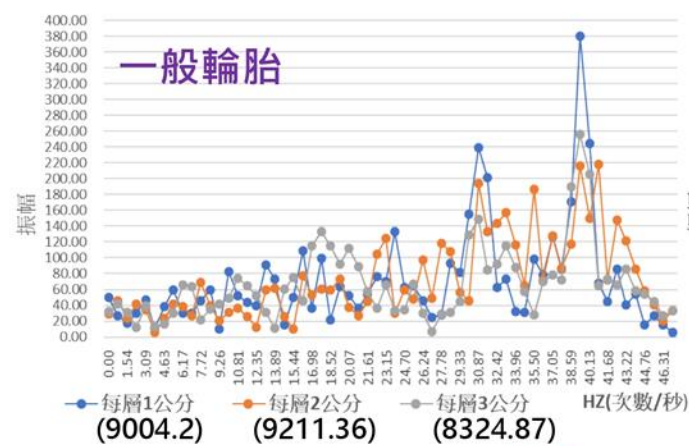


一般輪胎在真實情況模擬情形下無法克服地形障礙
新型輪胎皆可克服地形障礙
且彈簧剛性越快速度越快動力傳遞越佳

肆、實驗結果與分析

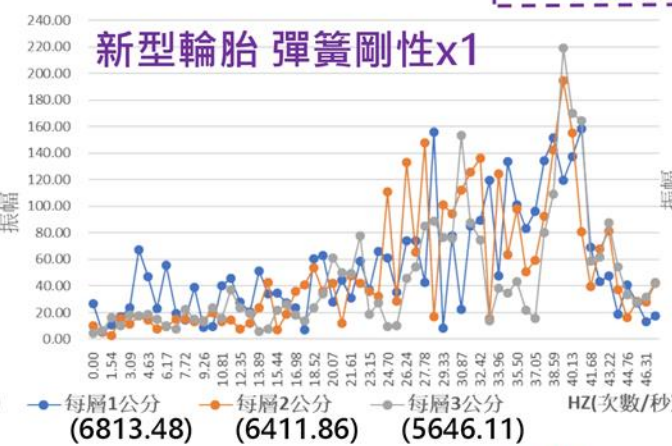
安裝新型輪胎與一般輪胎時車體震動大小分析

單一輪胎在不同地形障礙下z軸震動變化比較



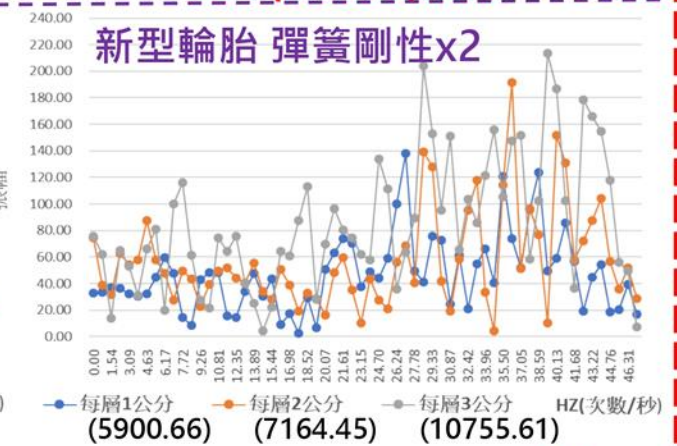
➢ 震動能量大小和預期結果不符
每層2cm > 每層1cm > 每層3cm

最高的地形障礙車體無法克服而卡死
因而震動總能量較前兩者小



➢ 震動能量大小和預期結果不符
每層1cm > 每層2cm > 每層3cm

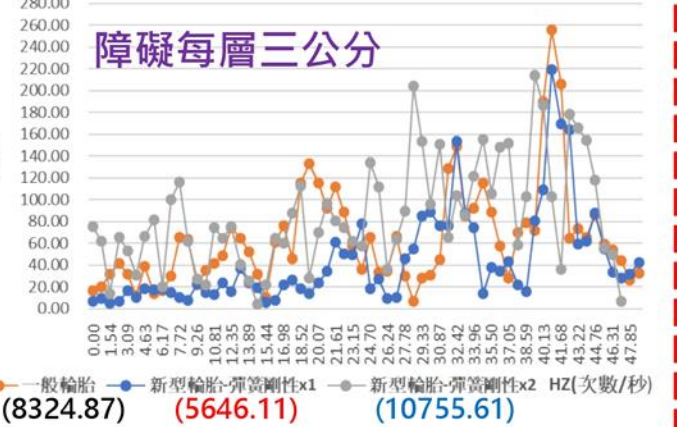
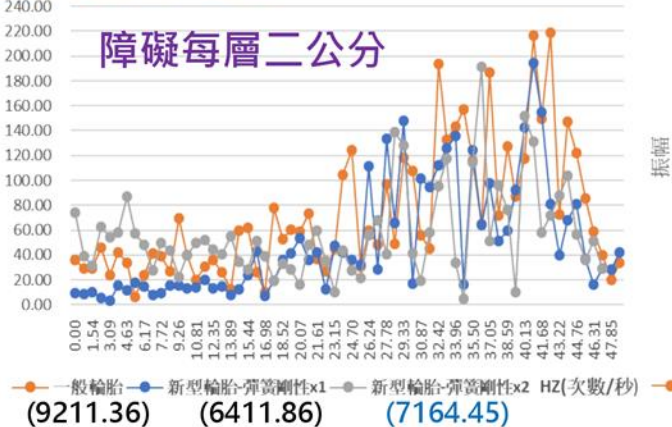
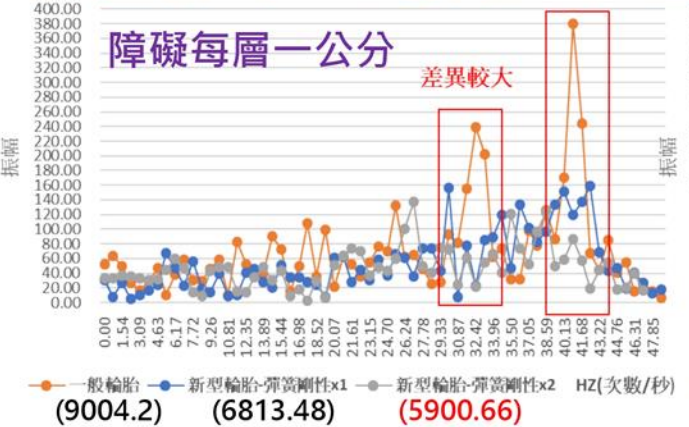
推測和輪胎的形變有關
輪胎形變越大速度越慢使震幅下降



➢ 震動能量大小和預期結果相符
每層3cm > 每層2cm > 每層1cm

整體輪胎形變較小速度快
輪胎所受到的震動直接傳遞至車體

不同輪胎在單一地形障礙下z軸震動變化比較



不同彈簧剛性的新型輪胎特性綜合比較

- 彈簧剛性x1的新型輪胎行進速度最為緩慢且穩定
在面對最高的地形障礙時在安全性上表現最佳
- 彈簧剛性x2的新型輪胎震動幅度隨障礙增高而上升
面對最低地形障礙時在動力傳遞與安全性表現最佳

在每層1公分的障礙物上方震動差異較大的原因

- 安裝一般輪胎的車身在接觸較矮的障礙物時移動速度較快且缺乏避震結構，使車身大幅彈飛並偏離路徑
- 安裝彈簧剛性x2的新型輪胎後接觸較矮的地形障礙時內部避震結構分散衝擊力，使其在高速移動時更穩定

真實狀況模擬下不同剛性輪胎震動比較

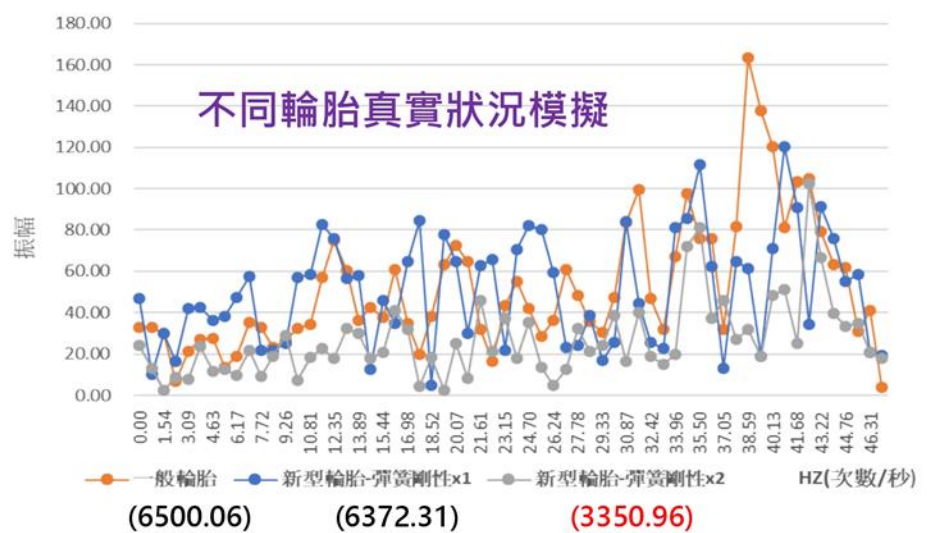
負重與未負重時的車體震動能量大小差異

- 負重時：一般輪胎 > 彈簧剛性x1 > 彈簧剛性x2
- 未負重：彈簧剛性x2 > 一般輪胎 > 彈簧剛性x1

車體在實際狀況模擬下以彈簧剛性x2的輪胎表現最佳

真實狀況下不同彈簧剛性的輪胎比較分析

- 彈簧剛性x1車體震動能量上升可能原因
輪胎壓力增加，剛性不足的情況下無法有效吸收震動
- 彈簧剛性x2車體震動能量大幅下降可能原因
剛性較高的情況下負重後輪胎依然能夠吸收震動能量
負重後整體重量增加具有穩定車身的效果



伍、討論

未負重時的比較分析

不同輪胎對行進效益的提升與應用

◆ 一般輪胎

- 雖然動力傳遞以一般輪胎最佳，輪椅前進時較省力。
- 但面臨地形障礙表現差勁。包含彈飛、產生較大的震動與卡死，遭遇不平地形時具安全性疑慮。

在凹凸路面或是攀爬具高低差的地形整體表現差勁

◆ 新型輪胎-彈簧剛性x1 (剛性=模擬人體負重6.25%)

- 動力傳遞最差，在各種地形障礙移動速度皆最慢。
- 面臨不同地形障礙時速度變化平緩，代表相同的動力來源卻可以以差不多的動力消耗克服障礙。

克服最高的地形障礙震動能量明顯最小安全性最高
(震動能量下降幅度：一般輪胎 -31.2%；新型輪胎-彈簧剛性x2 -47.5%)

◆ 新型輪胎-彈簧剛性x2 (剛性=模擬人體負重12.5%)

- 動力傳遞僅略低於一般輪胎，輪椅前進時較省力。
- 面臨不同地形障礙時速度下降幅度和彈簧剛性x1的輪胎相似，可以差不多的動力消耗克服不同障礙。

克服最低的地形障礙震動能量明顯最小安全性最高
(震動能量下降幅度：一般輪胎 -34.4%；新型輪胎-彈簧剛性x1 -13.3%)

負重時真實狀況模擬比較分析

不同類型輪胎負重後的比較

◆ 整體表現

- 動力傳遞與抗震表現以彈簧剛性x2的新型輪胎最佳
(震動能量下降幅度：一般輪胎 -48.4%；新型輪胎-彈簧剛性x1 -47.4%)

◆ 分析

- 真實模擬狀況下彈簧剛性x1的新型輪胎無法承受負重壓力，導致原本的抗震效果下降
- 彈簧剛性x2輪胎則能夠承受負重壓力而有良好表現

陸、結論

新型與一般輪胎克服地形障礙的能力比較

一般輪胎：無法克服較高的障礙物
新型輪胎：皆能夠克服地形障礙物

安裝新型與一般輪胎的車體速度比較

一般輪胎：平地移動速度快但碰到障礙時速度大幅下降
新型輪胎：彈簧剛性x2的移動速度皆快於彈簧剛性x1

安裝新型與一般輪胎的車體震動比較

一般輪胎：遭遇到地形障礙時會彈飛或卡死危險性高
新型輪胎：彈簧剛性x1-較高的地形障礙穩定度最高
彈簧剛性x2-較低的地形障礙穩定度最高

負重時真實狀況模擬比較

新型輪胎彈簧剛性x2的組別在速度與穩定度表現最佳
彈簧部件需要提供足夠剛性才能發揮吸收震動的能力

實際應用與後續研究方向

不同地形障礙所適用的輪胎彈簧剛性不同，真實狀況模擬下剛性不足甚至會發生無法吸收震動情形。找出配重與彈簧剛性的最佳比例和如何讓乘坐者在面臨不同地形障礙時，能夠自行調整避震結構剛性，以利同時兼顧行進效率與安全性會是後續的研究方向。

柒、參考文獻資料

- ◆田向陽。2018。車下有源懸吊設備與車體耦合振動研究。雜誌與振動控制。Vol. 38, NO.1。
- ◆林鼎嵩。2009。電腦輔助全懸式自行車車架結構與避震系統特性分析及改良。宜蘭大學碩博士論文。Item 392340000/553。
- ◆徐正會、黎煒強。2003。車輛多連桿懸吊系統之分析。中華民國第二十七屆全國力學會議。
- ◆洪連輝等。2022。自然科學課本二上。南一出版社。
- ◆黃鴻博。2023。六下自然與生活科技。南一出版社。

- ◆Eva Huang。2017。Flexup智能輪胎，連輪胎也要創新。數位時代百科。網址：<https://www.bnext.com.tw/article/45461>。
- ◆Kevin Yu。2017。手機在振動量測上的應用。Blogger.com。網址：<https://reurl.cc/rLAQ7Z>。
- ◆Kevin Yu。2017。快速傅立葉轉換的進行與處理。Blogger.com。網址：<https://reurl.cc/vkAeVj>。
- ◆王裕科。2007。震動知多少。科技大觀園。網址：<https://reurl.cc/Y8q06n>。
- ◆張偉倫。2009。淺談國際標準ISO 2631。ARTC。網址：<https://reurl.cc/lvA98q>。
- ◆共同作者。2017。連子彈都打不爆的輪胎，你見過嗎。壹讀。網址：<https://reurl.cc/2WVDxR>。
- ◆共同作者。2022。懸吊系統。維基百科。網址：<https://reurl.cc/rZqly4>。

書籍與期刊

網路資料