

中華民國第四十四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

030804

新竹市立培英國民中學

指導老師姓名

涂靜婷

作者姓名

林可昀

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

科別： 生活與應用科學科

組別： 國中組

作品名稱： 超越極限的越野蟑螂車

關鍵詞：

1. 蟑螂
2. 運動方式
3. 三點構成一平面

編號：

目錄:

一. 摘要: 2

二. 研究動機: 2

三. 研究目的: 3

四. 研究設備器材: 3

五. 研究過程或方式: 5

六. 研究結果: 10

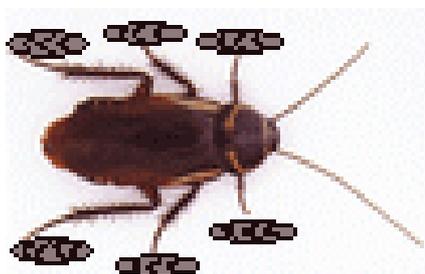
七. 討論: 14

八. 結論: 14

九. 參考資料: 17

十. 附錄 [3] 17

十. 附錄 [4] 18



超越極限的越野蟑螂車

一. 摘要:

在本研究中，我們想要模仿蟑螂特殊的行走方式來製作可以在各種地形以不減速的方式前進的機器車!在日常生活中，常常看到蟑螂在廚房或垃圾桶旁邊，當我們驚嚇到蟑螂時，蟑螂會非常快速的跑走。蟑螂一般的爬行速度約為 1 公分/秒，但在快速行走時，至少能夠約 30 公分/秒，可見蟑螂之靈敏運動體系，可用於機器車的研究及模擬。

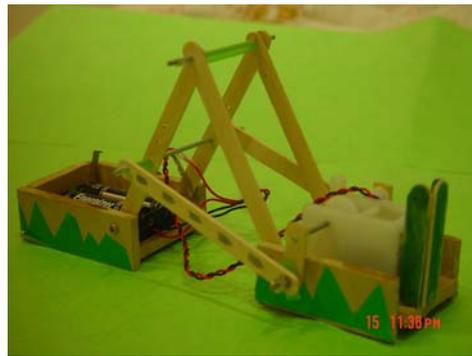
二. 研究動機:

平時我們在廚房常常會看到蟑螂，若我們驚嚇到牠，牠會以非常快的速度跑走。蟑螂的身長約有 4 公分左右，而一般汽車身長也至少有 400 公分，相當於 4 公尺。我假設蟑螂快速行走時每秒可以跑 30 公分，若將蟑螂放大 100 倍，變成跟汽車相當的大小，那蟑螂每秒就可以跑 3000 公分，也就是 30 公尺，等於時速 108 公里左右，約和汽車和跑車高速行駛一般快。

暑假時，我參加了少年科技創作營，課程中有安排製作馬達機器動物的教學，我做了兩種機器動物，一種是前進時碰到障礙物可以翻轉而不會翻倒的翻滾車(如下圖一)，一種是模仿毛毛蟲前後蠕動且移動時非常穩、非常快的蟲蟲危機車(如下圖二)

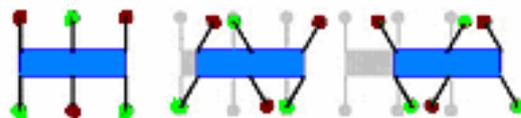


圖一、翻滾車(我的作品一)



圖二、蟲蟲危機車(我的作品二)

如果將這兩種機器動物的優點融為一體，就能做出行走時又快又穩且不會翻倒的機器動物!當我有這個假設時，正好翻到百科全書，其中就介紹了「六足」昆蟲的特殊移動方式。昆蟲具備六隻腳，而大部分的昆蟲都能用這六隻腳行走，行走時，腳部動作的基本型態為後至前，左右腳交替使用。交替過程中，著地的腳共有 3 隻，所以說是 3 隻腳 3 隻腳互換，以達到前進的效果。最重要的事是當 3 隻腳皆著地時，會呈現最穩最安定的平衡「因為三點可以構成一個平面」，若沒有外力來影響，也絕對不會跌倒、絕對不會搖晃!



圖三、六足昆蟲行走方式之示意圖

為了證明以上六足昆蟲行走方式是 3 隻腳 3 隻腳互換，我必須想辦法尋找蟑螂來觀察牠的行走方式，偶然間在電視上看到有位國立台灣師範大學林教授，是蟑螂專家，我便寄信和教授聯絡，教授也非常慷慨，願意給我一些蟑螂，之後我利用攝影機拍攝以證明六足昆蟲行

走方式是 3 隻腳 3 隻腳互換!

根據這個原理，我想利用家中舊的玩具(四驅車)改裝成「六驅車」，並且模仿昆蟲的行走方式。

三. 研究目的:

- (1) 研究並證明六足昆蟲特殊的行走方式
- (2) 製作模仿昆蟲行走方式的六驅車
- (3) 希望將來，可以把昆蟲行走方式的概念應用到汽車製造，使汽車的安全、穩定性、速度大幅提昇並減交通意外的發生!

四. 研究設備器材:

(一) 觀察蟑螂行走之設備器材

	物品名稱	數量	註明
1	蟑螂	不限	
2	攝影機	1	
3	數位相機	1	
4	玻璃箱	1	以便觀察蟑螂的行走方式
5	電腦	1	播放攝影內容
6	食物	1	飼養蟑螂
7	長翹子	1	夾蟑螂用
	飼養箱	1	大小由飼養蟑螂之數目而定

(二) 製作六驅車之工具材料

	物品名稱	數量	註明
1	剪刀	1	
2	砂紙	1	
3	馬錶	1	
4	電線	不限	
5	強力膠	1	
6	美工刀	1	
7	十字起子	1	
8	尖嘴鉗	1	
9	斜口鉗	1	
10	馬達	4~5	
11	電池	不限	
12	輪子	12 以上	
13	齒輪	不限	
14	四驅車底盤	2 以上	

製作六驅車之工具材料 - 附圖



五. 研究過程與方式:

(一) 觀察蟑螂行走的方式

A. 實驗蟑螂：美洲蟑螂(*Periplaneta americana*)的成年雌雄蟑螂各三隻，取自國立臺灣師範大學生命科學系蟑螂實驗室。蟑螂培養於飼養箱中，每週換水與食物(小麵包)一次。

* 飼養蟑螂的方法

裝海苔用的透明塑膠罐或養魚塑膠箱是飼養蟑螂的好場所，首先要在空的透明塑膠罐四周各鑽幾個小洞，讓空氣能流通（如果用養魚塑膠箱的話，上面用膠帶把孔洞縮小），再把一些廢紙柔捏使其變皺，好讓蟑螂能躲起來(這樣蟑螂在害怕時，有地方可躲，不會到處亂竄)，就完成了了一個簡單的蟑螂飼養箱。至於一個箱子要養多少隻？必須看箱子的大小而定。一般說來，以不要太擁擠為原則，在太擁擠的環境，生長得不好，甚至相互殘殺吞食。

蟑螂屬雜食性的昆蟲，什麼都吃。但是，為了清潔並避免引起蚊蠅或螞蟻的干擾，最好餵食乾燥的顆粒狀飼料，如養雞或養狗用的飼料，由於這些飼料有豐富的蛋白質，是非常不錯的選擇。另外用一個矮塑膠瓶（或小瓶蓋也可），放入一些棉花或衛生紙，再加些乾淨的水，供蟑螂飲水之用。



圖四、蟑螂置於飼養箱中



圖五、蟑螂的活動狀況



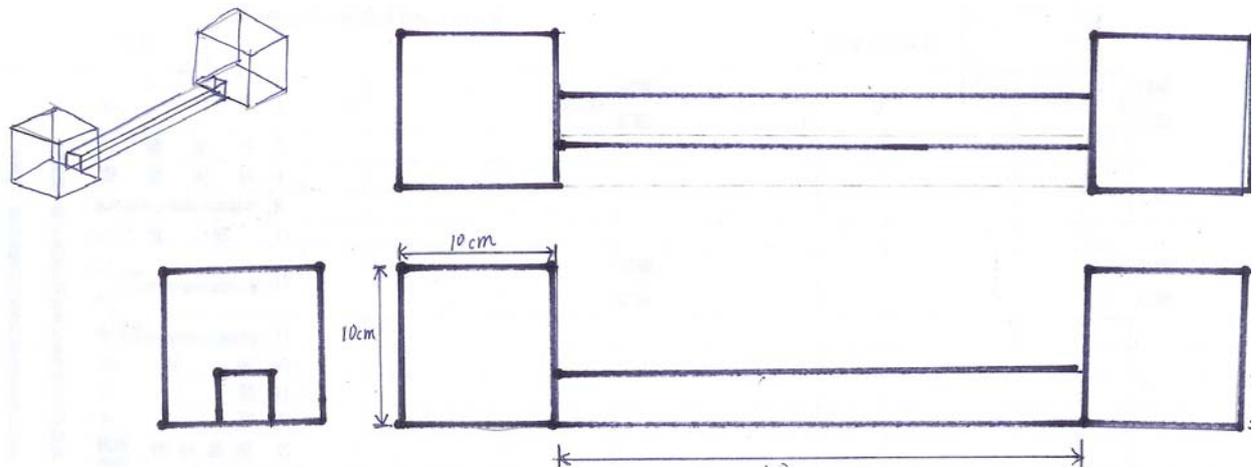
圖六、蟑螂的生活狀況



圖七、蟑螂攀爬在牆上

B. 觀察蟑螂行走的實驗設計

(1) 我設計並訂做一個壓克力小走廊，當蟑螂走動時，就可以方便且清楚的觀察到蟑螂的特殊行走方式。(如下圖八、九)



圖八、壓克力走廊之設計圖



圖九、壓克力走廊之成品

(2) 將攝影機架設在玻璃小走廊的下方。



圖十、架設攝影機



圖十一、實驗環境



圖十二、模擬攝影狀況



圖十三、攝影機之攝影範圍



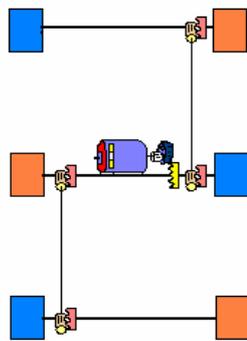
圖十四、拍攝範圍之長度

(3) 從下面用攝影機拍攝每一隻蟑螂的行走過程。

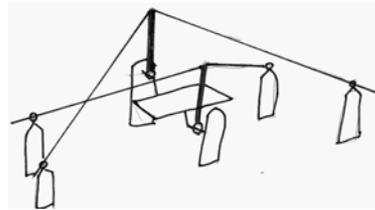
(4) 將錄影帶轉成電腦可以播放的格式，再觀察每隻蟑螂行走過程的畫面，並記錄每一次蟑螂的腳步移動過程。

(二) 製作六足昆蟲車

- A. 利用以前玩的四驅車，將四驅車拆開並仔細觀察四驅車的傳動方式以及齒輪。
- B. 設計新的傳動方式達到一次轉動三個輪子並交互前進，讓傳動方式跟六足昆蟲行走的模式相同。最後設計出兩種傳動模式。



圖十五、設計一



設計二

- C. 根據目前現有的材料以及基下底盤，選擇設計一來製作。由於第二種設計的製作太過於困難，移動時可能會卡到，材料零件也不足夠，所以選擇設計一。

D. 開始改裝

- (1) 車身改裝，為了將兩組車身底盤結合為一，便將車身底盤切割，讓車身可以連結在一起。後來發現如果切割車底工程較大，可能會影響到馬達運作，也會有不穩的現象。所以我直接用兩台未切割的底盤連結在一起，之後需要用到較長的驅動桿軸。
- (2) 由於訂做不到夠長的六角形驅動桿軸，所以將較短的桿軸焊接起來，使其之長度增加。



圖十六、桿軸焊接前

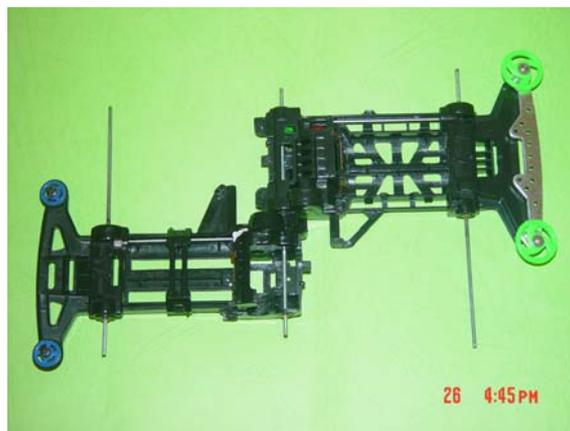


圖十七、桿軸焊接後

(3) 車身連結，將兩台未切割處理的底盤和焊接完的桿軸組裝在一起。組裝完成後，把位阻礙到輪子滾動的部分底盤割除。

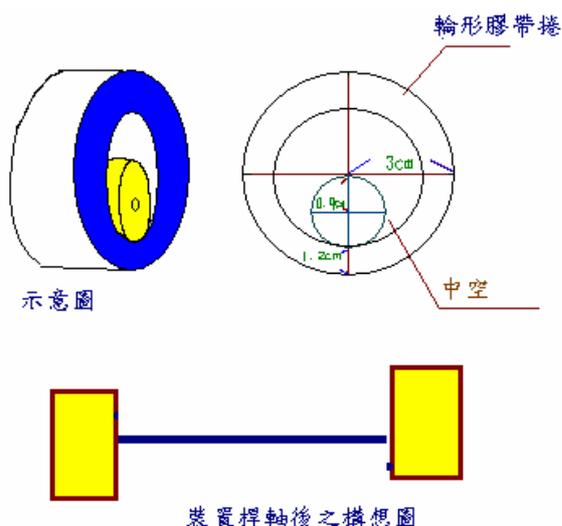


圖十八、底盤連結



圖十九、部分底盤割除

(4) 設計輪子，爲了讓轉動時桿軸負荷的重量減低，所以我將膠帶滾輪當作輪胎主體，並在滾輪外面加捆鐵氟龍材質之止洩帶，能增加滾輪的摩擦力也可以保護滾輪。最後將四驅車原有的塑膠輪子用強力膠黏再滾輪內側。



圖二十、輪子設計圖



圖二十一、完成品

(5) 製作保護壁，由於馬達的轉力極強、速度極快，若是車頭沒有做好保護，撞到一定會全壞。爲了防止有這種事情發生，我將寶利龍切割，並夾在前面的護輪之間。

E. 測試

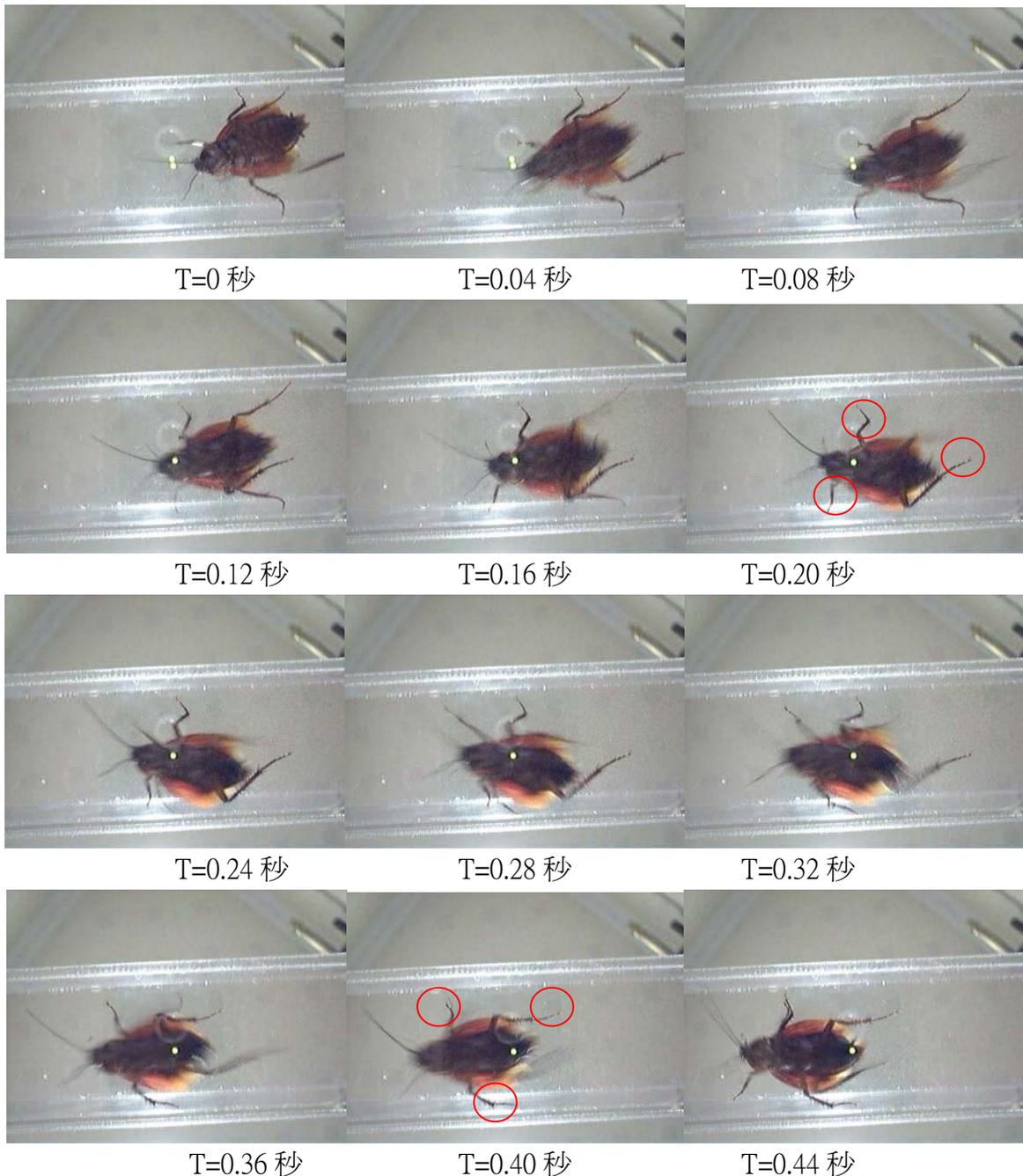
- (a) 昆蟲車是否能在各種地形上快速移動。
- (b) 六足昆蟲車是否比四驅車還要快。
- (c) 移動時，是否 3 個輪子著地。

六. 研究結果:

(一) 觀察蟑螂行走的方式

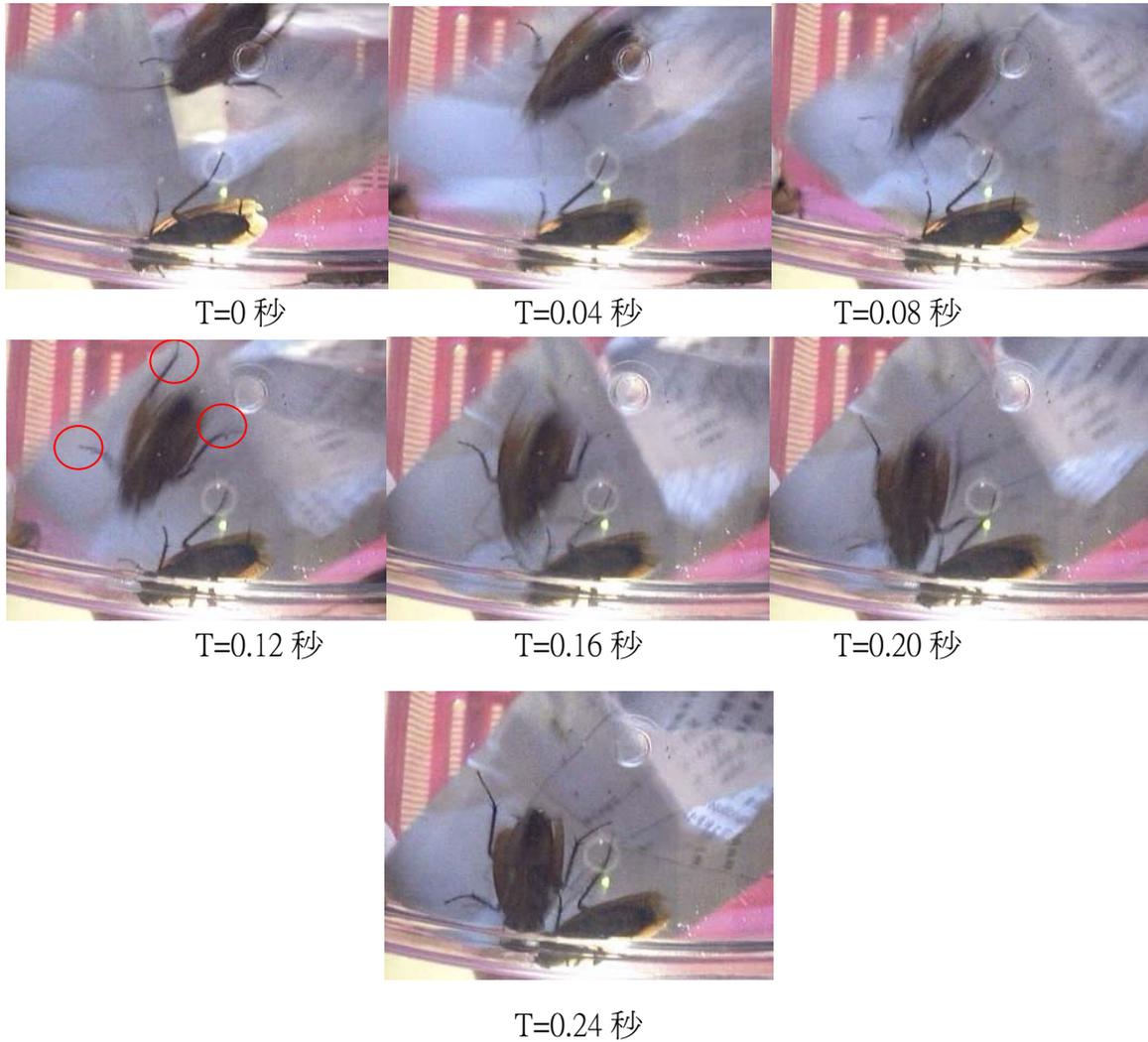
觀察蟑螂後，發現蟑螂快速走動時的確是以三隻腳為一組並互相交替，來達到前進的效果，而蟑螂行走則是位於同側的三隻腳先動，接下來才是另一側的三隻腳移動。

當蟑螂在跑道上快速行走時立即攝影下來，因為使用數位攝影機，可以把錄影的結果轉成數位影像檔案，根據錄影時間及影格的總數，可以計算出蟑螂在每一個的移動速度。發現蟑螂快速移動過程中，發現蟑螂的確是以三隻腳為一組，並互相交換，以達到前進。如下圖二十二



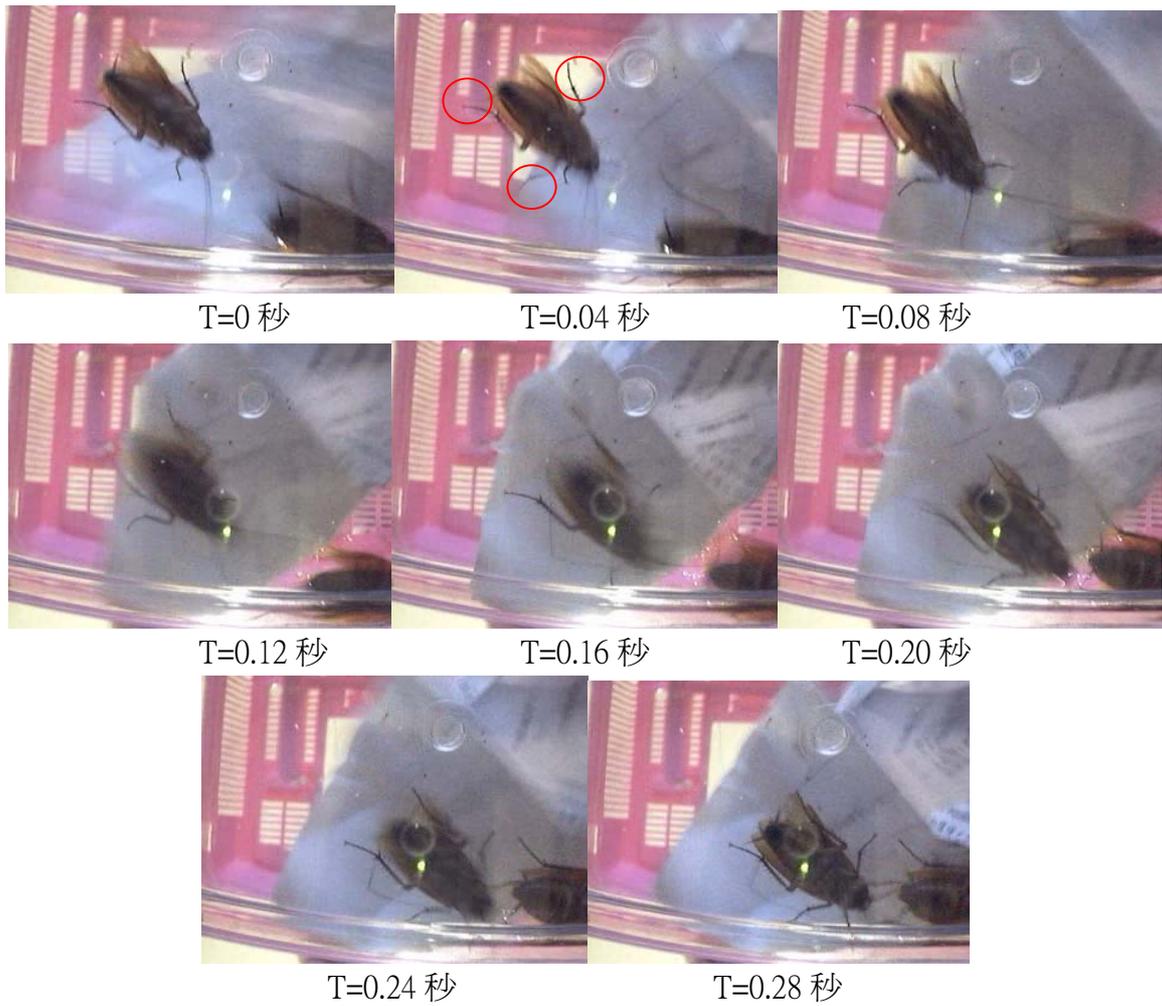
圖二十二、蟑螂快速移動的分解畫面，時間共 0.44 秒，每個影格 0.04 秒。0.44 秒內，共移動了 4 公分，所以速度是 9.09cm/sec。

當蟑螂在逃竄時，也發現是以三隻腳為一組，並互相交換並前進。如下圖二十三



圖二十三、蟑螂逃竄移動的分解畫面，時間共 0.24 秒，每個影格 0.04 秒。

蟑螂在短距離快走時，仍然是以三隻腳為一組，並交換已達前進之效果。如下圖二十四



圖二十四、蟑螂短距離快走的分解畫面，時間共 0.28 秒，每個影格 0.04 秒。

(二) 六足昆蟲車測試



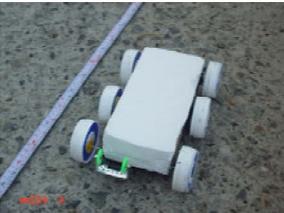
圖二十五、車子側面圖

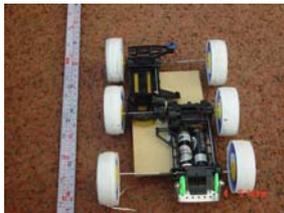


圖二十六、完成品

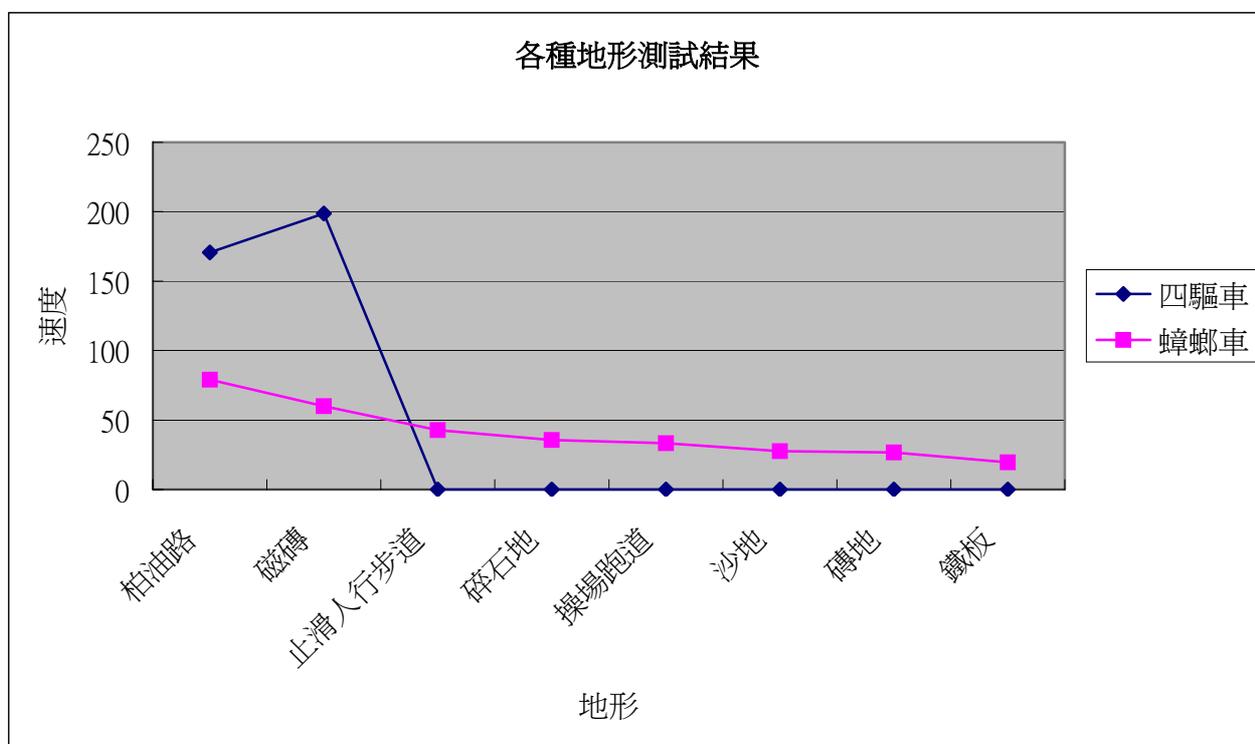
我們把完成的蟑螂車和四驅車同時放在各種地面上移動，發現在平滑地面時，四驅車的速度明顯的比蟑螂車來得快 2~3 倍。但在崎嶇不平的路面上，卻發現四驅車無法直線前進，甚至無法移動，而蟑螂車可以直線前進且較不會晃動，速度也穩定多了。證實「三點可以構成一個平面」能夠呈現最穩最安定的平衡，若沒有外力來影響，也絕對不會跌倒、絕對不會搖晃!

各種路面測試結果:

路面狀況	四驅車	速度	蟑螂車	速度
柏油路		203/1.19 =170.6cm/sec		203/2.56 =79.2 cm/sec
磁磚		330/1.66 =198.8cm/sec		330/5.5 =60 cm/sec
止滑人行步道		幾乎無法前進		100/2.34 =42.7 cm/sec
碎石地		根本無法前進		100/2.8 =35.7 cm/sec

操場跑道		幾乎無法前進 (方向會斜一邊)		$50/1.5$ $=33.3 \text{ cm/sec}$
沙地		根本無法前進		$100/3.6$ $=27.7 \text{ cm/sec}$
磚地		幾乎無法前進 (方向會斜一邊)		$150/5.06$ $=26.6 \text{ cm/sec}$
鐵板		幾乎無法前進 (方向會斜一邊)		$50/2.54$ $=19.6 \text{ cm/sec}$

表一、各種地形測試記錄表



圖二十七、各種地形測試結果

從表一及圖二十七來觀察，得知螞蟻車的穩定度及越野能力確實比四驅車來的好，螞蟻車也確實符合「在各種地形上能呈現最穩定、最安全並持續前進的機器車」的構想。

七. 討論:

Q:研究六足昆蟲的行走方式，有沒有其他觀察方式？

A:有的，可以將蟑螂的腳沾上不同的顏料，讓蟑螂走過白紙，也可以證明之，但攝影可以直接看到腳的移動，應是最好的方法。

Q:同樣的觀察實驗方法，可不可以應用到其他動物？

A:可以，例如：我們可以用快速攝影的方式來觀察馬在奔跑時，四隻腳的運動狀況。根據百科全書記載，馬在慢速行走的時候，是四隻腳依序輪流移動，可是當馬在奔跑時，是兩隻前腳為一組，兩隻後腳為一組，用跳躍的方式前進。

Q:同樣的觀察實驗方法，可不可以應用到其他物體飛行現象？

A:可以，例如：有些人，從事研究飛彈路線改變或爆裂物的爆裂過程，他們為了觀察到更精細的變化，便使用超高速攝影機，這種攝影機每秒可拍影格為 500 格。所以有非常多詳細的分解動作就可以觀察並研究。

Q:既然模仿了蟑螂快速移動的行走方式，照理說應該要比四驅車快，為什麼蟑螂車的速度會比四驅車慢許多呢？

A:其實是因為蟑螂車的重量太重，導致速度慢。設計蟑螂車的基本結構時，只設計將一個馬達放置底盤，在加上兩組底盤、六個輪子以及電池的總重量，似乎一個馬達沒有辦法完全負荷得住。所以顯得有點馬力不足。

Q:未來若可以將六足昆蟲行走方式的概念應用到汽車製造，是否可以應用到其他領域？

A:是的，例如：精神號火星探測車，長 1.6 公尺，寬 2.3 公尺，高 1.5 公尺，重量約 160 多公斤，體積大小如同高爾夫球車，動力來源是如餐桌大小的太陽能板。車上配備 9 部攝影機四處張望判斷地形特徵，包括裝置在頂部桅杆和六個輪子上，另有岩層鑽鑿機和顯微成像器等。美國這次發射『精神號』上火星，主要有四大任務，包括找尋火星上是否有水、找尋火星上是否曾有生命、研究未來在火星上搭建火星觀測所的可能，還有就是研究火星表面的環境，是否可供人類長期居住。



圖二十八、美國太空總署的火星探測車精神號。

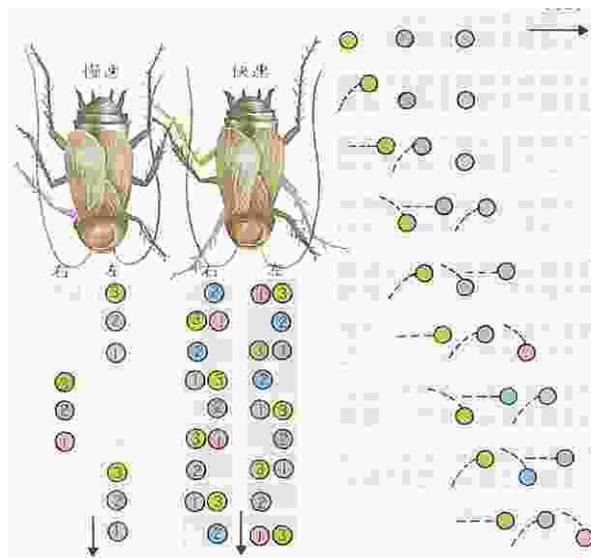
八. 結論

經過多次實驗後，確實發現蟑螂在快速行走時，是以三隻腳互換來進行前進的動作。

由於三點構成一平面，使蟑螂在快速移動時，相當的平穩，若沒有外力幫助，絕不會跌倒。我將三點構成一平面的原理放入蟑螂車的設計，成功的製作出模仿六足昆蟲行走方式可以在各種地形以不減速、不翻倒的方式前進的機器車!

當我完成蟑螂車後，發現它的速度並不是非常理想，耗電量與車子的總重量也超出之前預測的範圍。從整個車子總體來看，其實它很脆弱，由於這台蟑螂車是將不要的玩具拼湊改裝而成，所以不管是穩定、速度或結構的安定性，都還需要加強。如果能把蟑螂車的設計，完全用訂做的方式製作，不管是結構穩定或是行走速度都會大幅提昇，而這台蟑螂車將會非常完美!並成爲能夠在各種地形上以不減速且永不翻車的『極限越野蟑螂車』。

最後，希望在未來，可以將六足昆蟲的快速行走方式，加入在製作交通工具的設計。這樣，不僅可以減少交通意外的發生，更可以讓交通工具的性能與安全大幅提昇!



圖二十九、蟑螂慢行(左圖)及快行(右圖)的腳步分解圖

九. 參考資料

- [1]. 牛頓現代科技大百科 11 環境科學(I)-動物行為與環境 牛頓出版股份有限公司 pp.189—190, 1989 年
- [2]. 寺園淳也, 牛頓雜誌 2004 年 4 月號, 論文篇名: 成功登入火星-找出有水的證據! , 牛頓雜誌, 4 月號, pp.24--29
- [3]. 步行 Robot/步行機械, 擷取網站:
ecaaser3.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/LifeScience/ 機器人研發近況.html

十. 附錄 [3]

步行 Robot/步行機械

步行 Robot, 可分為多足 Robot、8 足、6 足、5 足、4 足、2 足、1 足及無足 Robot(模倣蛇的前進動作)等, 在這些當中, 研究最多的是 6 足、4 足、2 足 Robot; 6 足步行式即模倣蟑螂等昆蟲在急行時, 藉 3 隻腳互相交替, 而安靜的移動(靜步行); 靜步行, 特別是即便沒有保持平衡的控制也能行走。這方面一般來說是最容易控制的。

4 足步行最常見於哺乳動物, 如馬和豬, 即使是在信步慢走時, 在一瞬間內, 大都是由其對角線上的 2 隻腳, 或是身體左側或右側, 即同側的 2 隻腳來支撐其行動的安定性(動步行); 快速行走時, 則出現在一瞬間內只有 1 隻腳支撐的情形, 而跑步時, 4 隻腳會在瞬間內都浮在空中, 伴隨著速度的增加, 時間也會拉長。像這樣, 4 足步行即使是只在平面上步行, 也須一邊保持平衡、一邊行走, 因此就控制方面來說是相當複雜的; 4 足步行也有可能保持靜步行, 但因為原本的重心位置必須在每次接觸地面時, 移至由三隻腳所形成的三角形內, 所以步行速度變得遲緩; 為此, 既能動步行, 又能迅速行走的 4 足步行 Robot 的開發, 便成為 Robot 研究者的一個夢想。

而在幾年前, 日本的一些研究機關已相繼成功的開發出來。在 2 足步行方面的研究, 日本是最進步的; 人類經常是 2 腳觸地, 或 1 腳觸地, 如此交互的出現, 但都必須保持著動的安定的姿勢, 而且還必須要有某一程度上的移動速度, 若是慢慢的行走, 則因保持靜的安定時間過長, 身體容易左右搖晃, 呈現不自然的步行。2 足步行時, 大部份時間內都是只有 1 腳觸地的狀態, 若能開發出在此狀態下依然能保持平衡的技術, 則流暢的 2 足動步行或許是可行的, 基於此種想法, 便開始研究如何藉下端面的移動, 使長棒不會倒下的控制法, 及藉 1 隻腳的跳躍來保持平衡的滾齒機的研究。

步行 Robot, 因首先必須有能夠支撐軀幹又能靈活活動的腳機構, 故不只是在控制方面, 在機構方面仍要多下功夫。再者, 為實現動步行, 須要有速度及踢力, 及控制性佳的調節器, 但若調節器為電動馬達的話。則嫌 Power 不足, 空氣調節器的話, 在配件及控制方面又易生問題 因此要實現移動 Robot 的獨立性並不是件簡單的工作。

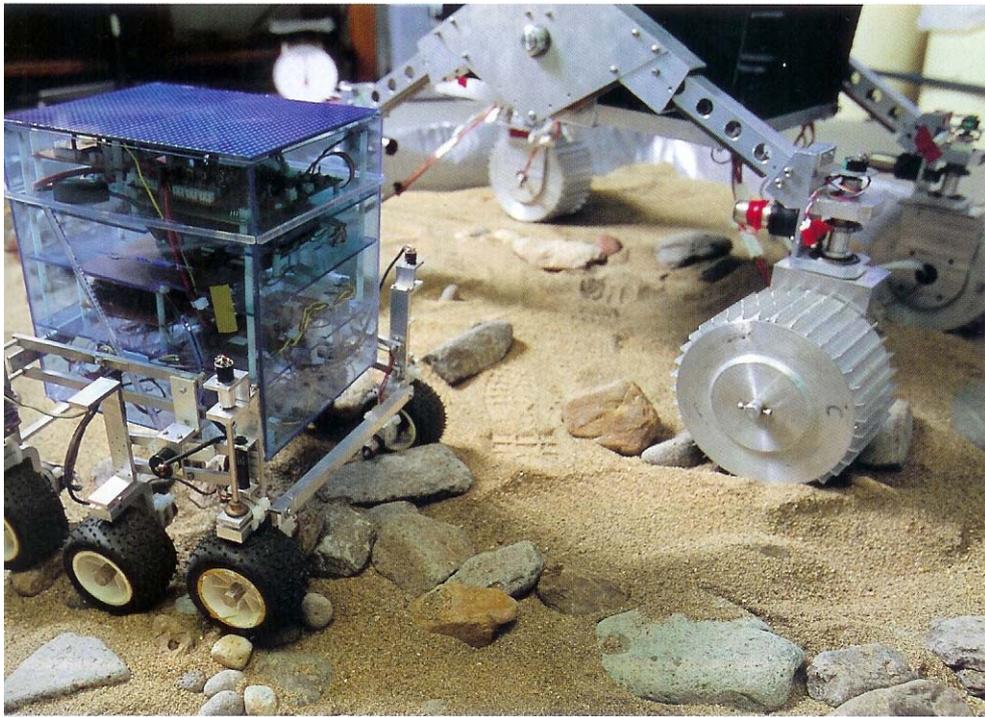
附錄 [4]

開發太空機器人需要想像力

小行星表面的重力很小,吉田教授表示:『小昆蟲的重量很輕,所以看起來昆蟲本身所能承受都重力應該相當小,從一些角度來看,昆蟲的活動並沒有受到重力影響』參考昆蟲的型態來製作機器人,希望使他們可以在近乎無重力的環境中隨心所欲的移動.『我認為這是為下次小行星探側所做的挑戰』吉田教授這麼說.

最後,吉田教授跟我們分享開發太空機器人的樂趣.

『太空跟我們平常在地球上所體驗的,是不同的世界,用地球上的常識來考量在太空活動的機器人,不一定是最佳的方式,所以思考時必須發揮各種想像力.』吉田教授接著說:『想出有挑戰性的主意,在經過實驗和模擬來確認,自己的想法得到了確認的那個瞬間,真是令人欣喜若狂.而製作出來的機器人,在軌道上是推動太空發展的原動力,對探側行星來說,他則帶領我們挖掘出更多的科學發現!』



圖三十、吉田研究室製造了月球和行星表面探側車的實驗車。

評語

030804 國中組生活與應用科學科 第一名、最佳創意獎

超越極限的越野蟑螂車

對生物有入微的觀察力，並利用生物的優點，結合生活中易得的材料，融入車輛的設計中，充分發揮創意與想像力，為一難得之佳作。