

專題製作報告

動力機構與仿生獸

(進修機
102
年
7
月)

修平科技大學四年制機械工程系

專題製作報告

動力機構與仿生獸

指導教授：常元海

班 級：進修三機乙班

組 長：王偉侑 YA99062

組 員：林崇毅 YA99073

鄭志邦 YA99057

郭瑞瑜 YA99055

邱興正 YA99506

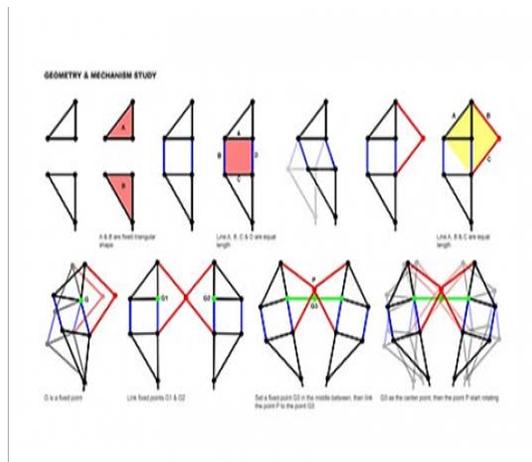
中 華 民 國 一 零 二 年 七 月 一 日

【總目錄】

圖目錄	2
第一章：前言	8
第二章：工作原理	14
第三章：實驗設備	20
第四章：實驗過程	27
第五章：結果與討論（附成品圖像）	28
第六章：參考文獻	36

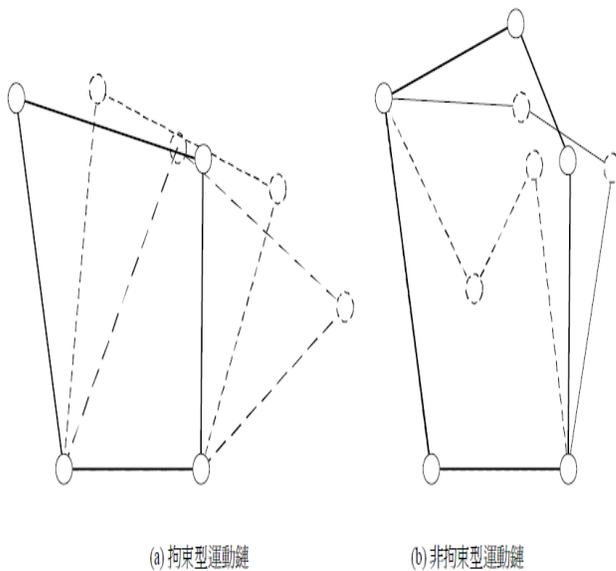
【圖目錄】

圖一



這張圖片是在說，各個連桿組成與它的運動方式與軌跡，中間紅色的點代表的是它的動力點，透過風扇帶動齒輪可以讓仿生獸的腳步產生如生物般的行動方式。

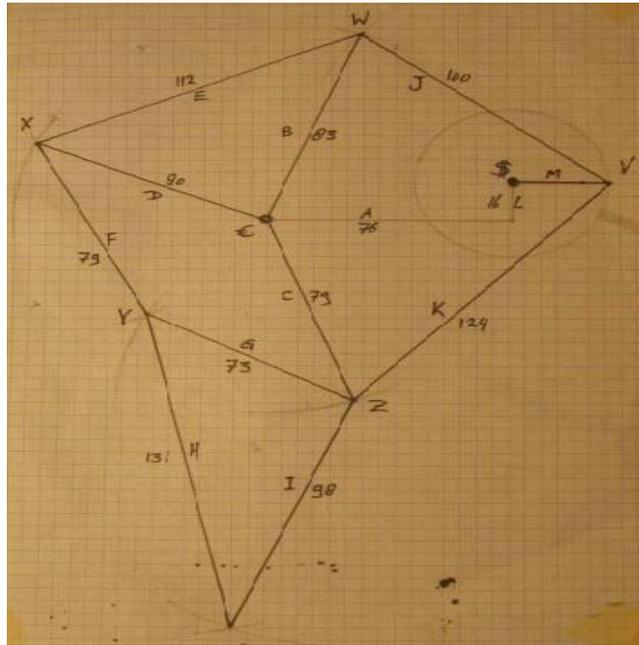
圖二



簡單的解說一下此兩個連桿，左邊是拘束運動鏈可以看得出來，它除了02 04可以動以外其它兩點都是被固定住的。

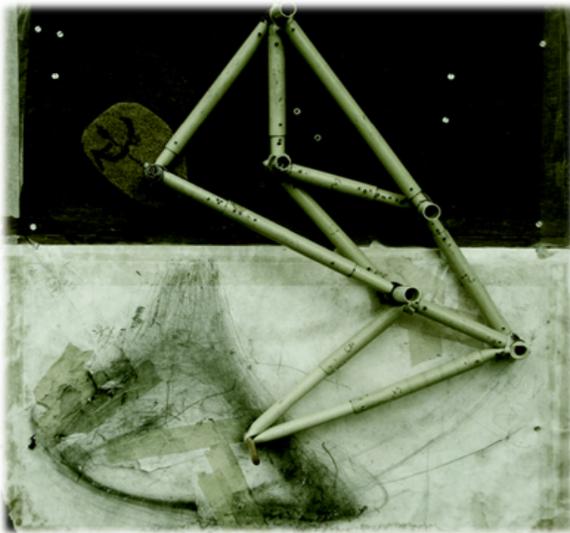
右邊是非拘束運動鏈，四個點都是可以動的仿生獸就是用這一種運動鏈做為腳部。

圖三



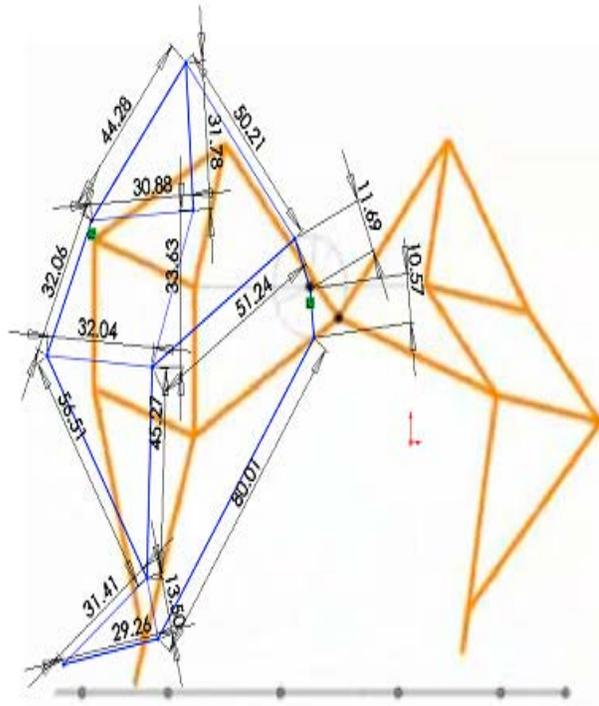
這張圖所要表示的是主要各桿需要的尺寸： $A=38$
 $B=41.5$ $C=39.3$ $D=40.1$
 $E=55.8$ $F=39.4$ $G=36.7$
 $H=65.7$ $I=49$ $J=50$ $K=61.9$
 $L=7.8$ $M=15$ 。

圖四



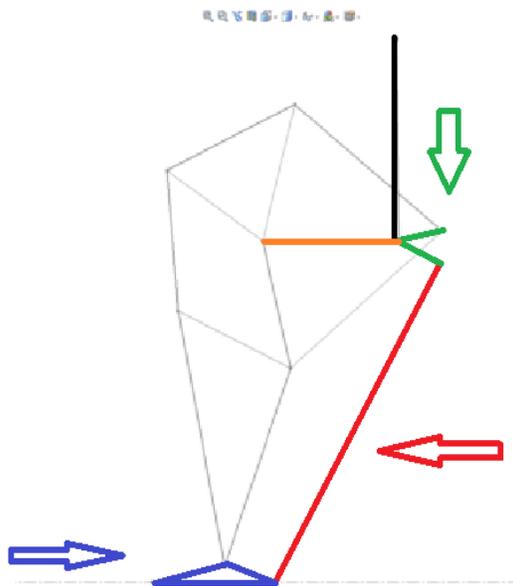
由此圖我們可以看得出腳部運動的軌跡，是有一定的模式這樣才能保證移動時不會有不穩的情況發生。

圖五



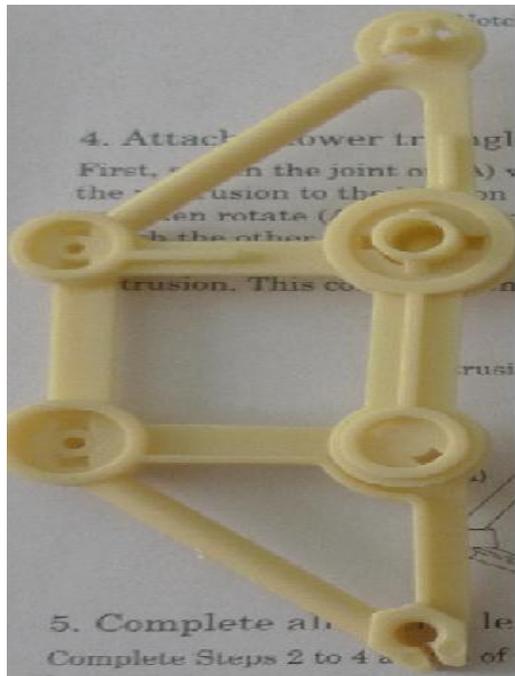
這張圖跟圖二類似，不過由此張圖來看，更為清楚腳部落點的距離與頻率也都是有一定的規則在繞轉的。

圖六



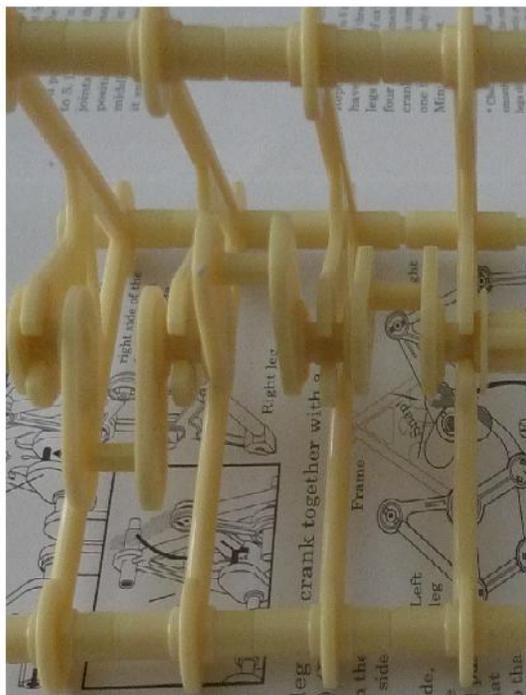
藍色是新增加的腳，紅色連桿當作 gastrocnemius，兩根綠色連桿則是提供機構的相位差，橘色連桿的兩個端點，在整個運動過程中都不會移動，黑色的連桿只是一個操縱桿。

Gastrocnemius: 腓腸肌沿著 小腿 背後，從股骨的遠端向下延伸到 跟骨。當其收縮時，可使足向下彎曲，並輔助 膝蓋 彎曲，指的是小腿腹的肌肉。



圖七

腳部零件每個關節都可以轉動。



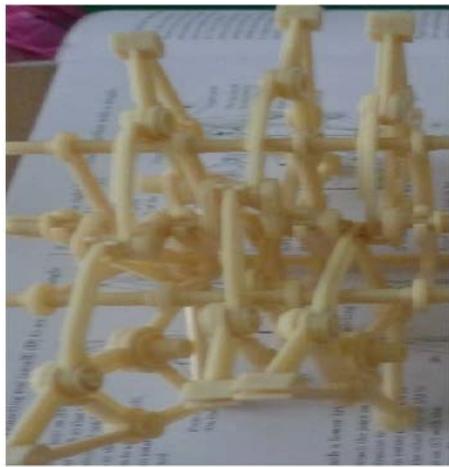
圖八

中間的三角曲輪組其作用為之後帶動每一個腳部行動。



圖九

此為連桿組件依序將
1. 2. 3. 4 依序由下而上疊扣
在中間的曲輪上。



圖十

把全部腳部與三腳骨組組
合組裝完成後會變成這個樣
子每個組件都是疊扣而成
的。



圖十一

身體部位全部組裝完成已
經不難看出仿生獸的身體
了。



圖十二

動力風扇組整個組件的核
心少了它這個組件就真的只
能當模型了可以看到葉扇後
面有一個小小的齒輪那是用
來與本體組裝用的。



本體正面上方有一個小圓
孔要把風扇組插在那邊要小
心的與大齒輪緊扣。

【前言】

探討仿生獸中的連桿機構與動力機械，藉此以找尋出未來在機械上所使用的原理，也可以發展到除了一般工業上以外的事情上面，使人們可以更加便利與減少資源的消耗。

仿生獸，是一組很巨大的連桿機構組合而成的，主要動力來源為風力透過內部儲存空氣的設計，就算在無風的狀態下也可行走一段時間…

仿生獸（[英語](#)：Strandbeest）是由荷蘭藝術家[泰奧揚森](#)（[荷蘭語](#)：Theo Jansen）利用[塑膠](#)、[木頭](#)等常見的無生物物體所創造，藉由力學的原理和風力的推動，可以做出一些仿生物的動作，甚至可以自行躲避障礙物。

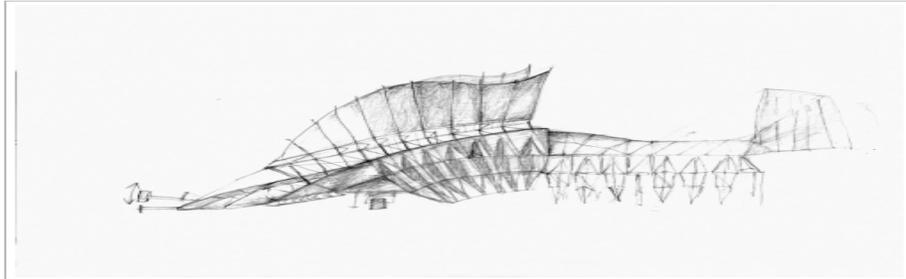
仿生獸是泰奧·揚森於一九九〇年開始研發的新物種，他研究動物和昆蟲的基因密碼，透過數學與物理的計算，設計出只要有風吹動，就可以自己行走的仿生獸。他以荷蘭包覆電線的塑膠管為基本結構，依生物運動的原理轉化為機械連桿的應用，讓其行走形成極具美感的動能工藝，發展出各種仿生器官，包括胃、肌肉與大腦等…。

被譽為「現代達文西」的荷蘭藝術家泰奧·揚森(Theo Jansen)，成長於荷蘭海牙的海邊，大學主攻物理和科學，後來成為關懷荷蘭海灘與環保議題的專欄作家。而他從小深藏在心中的夢想——「為海灘創造出自己的生命體」，這個聽起來很抽象又不可思議的夢想，在他四十歲那年實現了。

他透過研究發現的「黃金密碼十三個數字」，將平凡的塑膠水管製成野獸的骨骼和腳，以寶特瓶當成胃來儲存風力，設計出一系列不靠燃料和電子配件，卻擁有生物行動力、思考模式和自我保護能力的「風食動物」。這些靜止於海灘的野獸們，乍看是單純的裝置藝術；但是，當它們迎風漫步，卻像擁有真實骨骼

和翅膀的生物，美麗的律動宛如上天賜予，也讓這種動作藝術（Kinetic art）享譽全球。

當 CNN、BBC、NHK、Discovery 都在熱烈報導他時，年屆六十三歲、二十多年來從沒停止創作的揚森，帶著他心愛的仿生獸來到台灣。這批飄洋過海來的仿生獸，包括第一隻僅能躺臥的野獸、藉由風力自由移動的野獸、木製犀牛怪獸等十多件巨型作品。



生命可以有什麼樣的型態呢？

一種巨大的塑膠水管巨獸，正行走在荷蘭的海邊、沙灘上，牠們以風作為動力的能量，優雅的行走、存活在世界上，牠們是泰奧揚森所創造的「奇幻仿生獸」。

1948 年出生於荷蘭海牙的泰奧揚森，大學時期主修物理學、擁有動力學博士。但熱情於藝術的他，從 27 歲開始投身藝術創作，成為一名全職畫家。32 歲時用氬氣填充物製作了一個直徑高達四公尺的碟狀飛行物體，不僅飛行在荷蘭小城的上空，更讓飛行物飛到了法國巴黎，引起了巨大騷動，這個 UFO 飛行計畫，讓他的聲名大噪。之後，單純的作畫已無法滿足他的創作熱情，結合了物理機械與藝術的能力，又陸續發明了「光影繪圖機」與「飛行電鑽」等作品。

1990 年開始，泰奧揚森開始專注於創作一種可以獨立生存於海灘上的「生物」，一種全新的生命型態。最初的想法是建造一些能夠採集沙子、搭建沙丘的機器人，這樣當海平面上升的時候，這些機器人就可以拯救人類不被海水淹沒。而當這個想法轉變成為開始動手，他取用了塑膠管，來取代自然界中生物的源頭蛋白質，成為構成仿生獸族群們的基本物質。揚森堅持用單一材質作

為身體結構的基本單元，因為他認為，這是大自然的定律，是生命的定律。

仿生獸的祕密——神經細胞·神聖數字·進化

仿生獸是用塑膠管所構成的製作物，卻可受到風的驅動而如生物般地運動。驅動的祕訣就在於腳的構造，而構成一隻腳所需要的 13 根管子之長度比例，也就是揚森創造出來的神聖數字，利用神聖數字，就可以做出如生物般的步行軌跡。仿生獸的形狀與大小隨時代的變遷而變化，對揚森來說，這樣的變化就是一種生物進化。

因為生命體會自律地移動，如果仔細地觀察生物，不管是前進還是後退，其腳尖都先平行移動，然後在某個點才抬起來。只要記錄腳尖的動作，就可以找出步行的軌跡。要呈現這樣個軌跡，必得活用連結機關，那時揚森先以電腦來模擬產生運動軌跡的連結之構造，進而找出了構成一隻腳的各部位管子的理想比例長度，這就是基本上有 13 個數字的「神聖數字」。

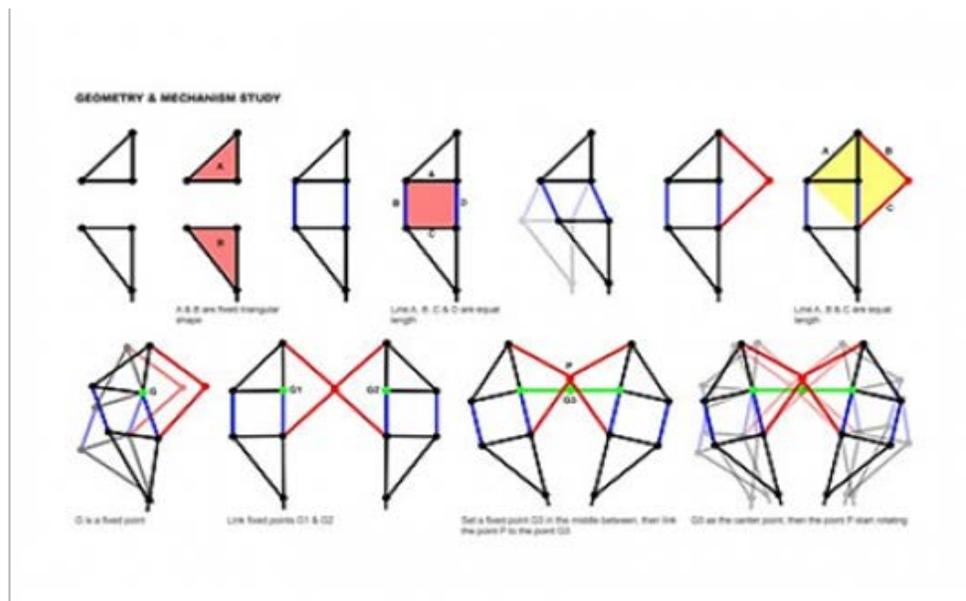
堅持以單一的管子作為材料，也堅持作會動的東西，但並不會將藝術與技術分開思考的揚森，可以說他是藝術家，也是工程師，更是科學家。他製造出來的仿生獸，看似機械，卻是擁有另一種生命的物體，創造了另一個新的進化的可能性

最新的仿生獸 2011~

揚森最新的仿生獸 *Animaris Gubernare*，有獨特的鼻子，只要有風吹來，就會把自己的正面朝向風吹的方向，是一隻可以自己控制改變自己行進的方向的仿生獸。這隻仿生獸是以 *Animaris Siamesis* 的基礎來製作，算是 *Animaris Siamesis* 的後代。迎風搖擺翅膀作為後方的驅動動力，儲存風力的寶特瓶，改置於中央以及最後的位置；以塑膠管的伸縮來驅動神經的肌肉也是從 *Animaris Siamesis* 繼承而來；步行的輔助神經則沿自 *Animaris Umerus* 的系統。因為改良了步行系統的關係，比起過去的仿生獸有更好的平衡感，身高也更高了。從第一隻仿生獸到現在已經經過 20 年了，揚森製作的仿生獸超過 30 種物種，未來還會有什麼樣的進化呢？

設計者泰奧·揚森 (Theo Jansen) 原本是荷蘭的物理學家，並且是一位動力學博士。後來醉情藝術、專注繪畫的創作並成為全職畫家。1990 年 Theo Jansen 開始專注於創造一種可以獨立生存於海灘的「生物」，為的是當荷蘭的海平面不斷上升時，這些生物可以透過環境（水面）改變不斷的採集沙子、搭建沙丘讓自己不會被海淹沒。最初的想法就是不讓荷蘭在地表面消失，而神奇的是，透過結構的基本原型，他創造了這些生物。採取單一材質作為結構的基本單元，並運用動力學與機械的原理，製造出如建築般呼吸運作的機械生物。

仿生獸主要的連趕運作是由基本原型演化出足部結構與運轉軌跡



(圖一)

動力機械(機構)的發展

動力是發展生產的重要因素。17世紀後期，隨著各種機械的改進和發展，隨著煤和金屬礦石的需要量的逐年增加，人們感到依靠人力和畜力不能將生產提高到一個新的階段。在英國，紡織、磨粉等產業越來越多地將工場設在河邊，利用水輪來驅動工作機械。但當時已有一定規模的煤礦、錫礦、銅礦礦井中的地下水，仍只能用大量畜力來提昇和排除。

在這樣的生產需要下，18世紀初出現了紐科門，T.的大氣式蒸汽機，用以驅動礦井排水泵。但是這種蒸汽機的燃料消耗率很高，基本上只應用於煤礦。

1765年英國人瓦特發明了有分開的凝汽器的蒸汽機，降低了燃料消耗率。

1781年瓦特又創製出提供迴轉動力的蒸汽機，擴大了蒸汽機的應用範圍。蒸汽機的發明和發展，使礦業和工業生產、鐵路和航運都得以機械動力化。蒸汽機幾乎是19世紀唯一的動力源。但蒸汽機及其鍋爐、凝汽器、冷卻水系統等體積龐大、笨重，應用很不方便。19世紀末，電力供應系統和電動機開始發展和推廣。20世紀初，電動機已在工業生產中取代了蒸汽機，成為驅動各種工作機械的基本動力。生產的機械化已離不開電氣化，而電氣化則通過機械化才對生產發揮作用。

發電站初期應用蒸汽機為原動機。20世紀初期，出現了高效率、高轉速、大功率的汽輪機，也出現了適應各種水力資源的大、小功率的水輪機，促進了電力供應系統的蓬勃發展。

19世紀後期發明的內燃機經過逐年改進，成為輕而小、效率高、易於操縱、並可隨時啟動的原動機。它先被用於用以驅動沒有電力供應的陸上工作機械，以後又用於汽車、移動機械（如拖拉機、挖掘機械等）和輪船，到20世紀中期開始用於鐵路機車。蒸汽機在汽輪機和內燃機的排擠下，已不再是重要的動力機械。

內燃機和以後發明的燃氣渦輪發動機、噴氣發動機的發展，還是飛機、太空飛行器等成功發展的基礎技術因素之一。

動力機械(Dynamical Machine，或 power generating machine)是指把 熱能 或 化學能 等能量轉換成 動能 的形式，供其它 機械 使用的機械裝置，主要有 蒸氣機、汽輪機、內燃機（汽油機、柴油機、煤氣機等）、熱氣機、噴氣式發動機、航空發動機 等。在工業、農業、交通、採礦、兵工等需要重型車輛的部門，內燃機的應用最為廣泛。此外，交通運輸工具(船、車、飛行器)、小型發電裝置等之結構亦使用內燃機為動力。

在未來，或許可以幫助許多弱勢族群在這充滿許多不便的台灣達到更便利的生存環境，也可改善目前許多機械的不靈敏度提高機械的產能或者是耐久度。

動力機械，又可以分為主動力與非主動力兩種，主動力的就好比機車汽車，因為它可以背著燃料滿街跑，非主動力的就好比腳踏車，你不去踩動它，就一動也不動了…

【工作原理】

什麼是機構

是一種物件，可以將一種運動傳遞另一個物件是在機械中之相互聯結之剛性組件。是機械設計之分支，與連桿、凸輪、齒輪及齒輪系之設計有關。是具耐力之剛性體，其聯繫與整合可以根據設定之相對運動活動。

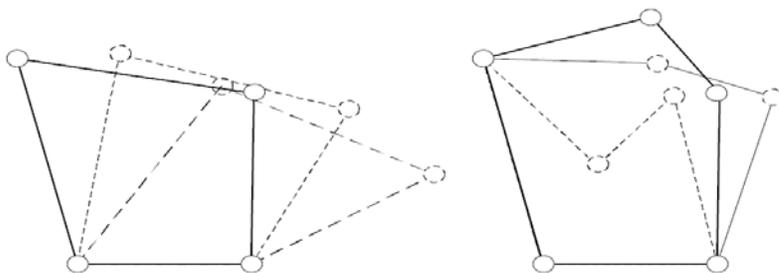
一組系統元件，可以依預先設定的規範傳遞運動。機械之一部份，包含兩個或以上之物件，使其中之物件可以依據自然之給合定律驅動其他件運動。是一種運動鏈系，其中剛性體相互連結或互相接觸，使其能具相對運動。

運動鏈

運動鏈是一連桿或剛性體組合，其連桿或剛體之兩端以接頭聯接，或相互接觸，並有相對運動。

由許多連桿(Link)組合而成之封閉連鎖系統稱為「運動鏈」。若一其運動性質之不同，可分為三種：

1. 固定鏈(Locked Chain)：又稱為呆鏈，由三連桿所組成，各桿間無相對運動。
2. 拘束鏈(Constrained Chain)：由四連桿所組成，各桿間有一定規律之相對運動。
3. 無拘束鏈(Unconstrained Chain)：凡連桿組中，各桿間無一定規律之相對運動者。



(圖二)

連桿當中分為下列

1. 曲柄定義：狹義：繞固定中心作完全迴轉之連桿
2. 廣義：凡繞固定中心旋轉或搖擺之連桿
3. 搖桿：繞固定中心擺動之連桿
4. 浮桿(連桿)：介於主動與從動曲柄間之連結桿
5. 機架(連心線)：機構之固定部份

四連桿組之分類：

一. 最長桿+最短桿 \leq 其餘兩連桿長度和

- (1) 固定桿為最短桿之對偶桿，則四連桿組形成曲柄搖桿機構
- (2) 固定桿為最短桿，則四連桿組形成雙曲柄機構
- (3) 固定桿為最短之對邊桿，則四連桿組形成雙搖桿機構

二. 最長桿+最短桿 $>$ 其餘兩連桿長度和

則任何桿固定，均形成雙搖桿機構

連桿上面的各個尺寸：A=38 B=41.5 C=39.3 D=40.1 E=55.8 F=39.4
G=36.7 H=65.7 I=49 J= 50 K=61.9 L=7.8 M=15

只要某個桿的尺寸少了一些或是多了，就會造成機構傾斜，走起來也不順一拐一拐的。

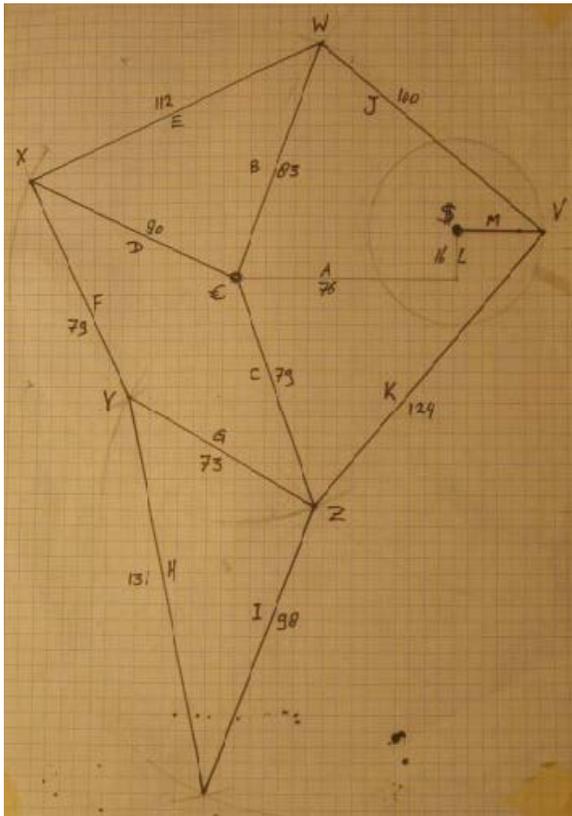
仿生獸行走之原理

神聖數字

透過無數次的細膩觀察與實驗，

泰奧·揚森才提出「38、39.4、61.9、41.5、36.7…」等13組奧秘數字，

精準的複製出生命體的移動方式，讓仿生獸不再僵硬行走，而是凌波微步，宛如添加一副天使的翅膀。



(圖三)



(圖四)

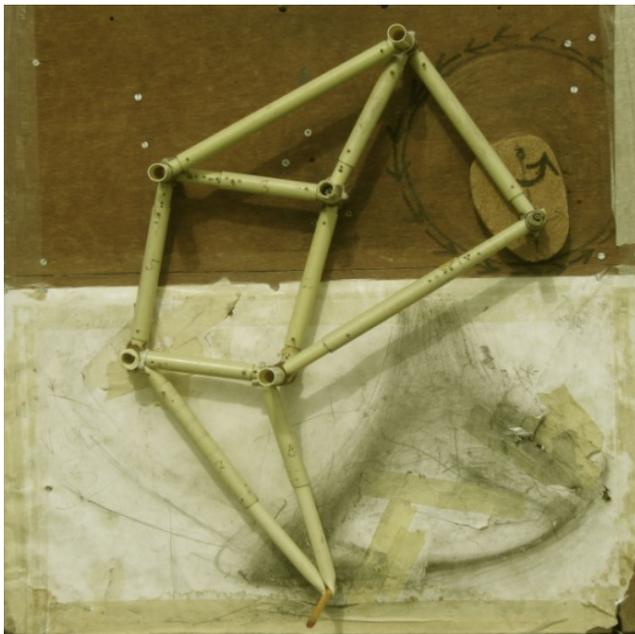
"The Walls Between Art and Engineering Exist Only In Our Minds." 藝術與科技的界線只存在於我們心中。Theo Jansen 泰奧·揚森



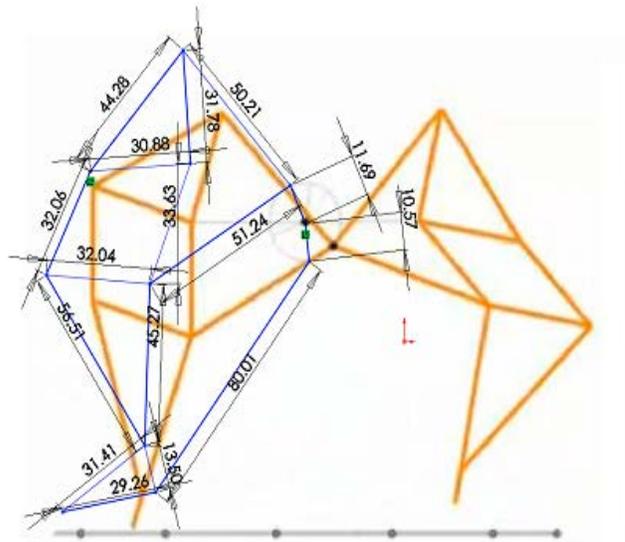
神聖的 13 個黃金數字

泰奧揚森認為要構成完整的仿生獸，全部都要使用塑膠管來做，就像大部分自然生命是由蛋白質組成，他也希望能利用單一物質製造出獨立生命體。而在之前他也嘗試用了許多物質，如木頭、金屬等單一物質來進行多次的實驗。經過反覆模擬實驗，他終於找到了最適合的物質-塑膠水管。

由於生命體會自律地移動，我們如果仔細地觀察生物，不管是前進還是後退，其腳尖先平行移動，然後在某個點才抬起來。只要記錄腳尖的動作，就可以求出其軌跡。如果要呈現這樣個軌跡，一定得活用連結機關，當時泰奧揚森先以電腦來模擬產生運動軌跡的連結構造。於是，構成一隻腳的各部位管子的理想比例長度就可以求出。於是泰奧揚森發現了 13 個最適合的長度比例，並稱這 13 個數字為「Holy Number」，也就是神聖的數字，而我們叫它「黃金數字」。A=38 B=41.5 C=39.3 D=40.1 E=55.8 F=39.4 G=36.7 H=65.7 I=49 J= 50 K=61.9 L=7.8 M=15



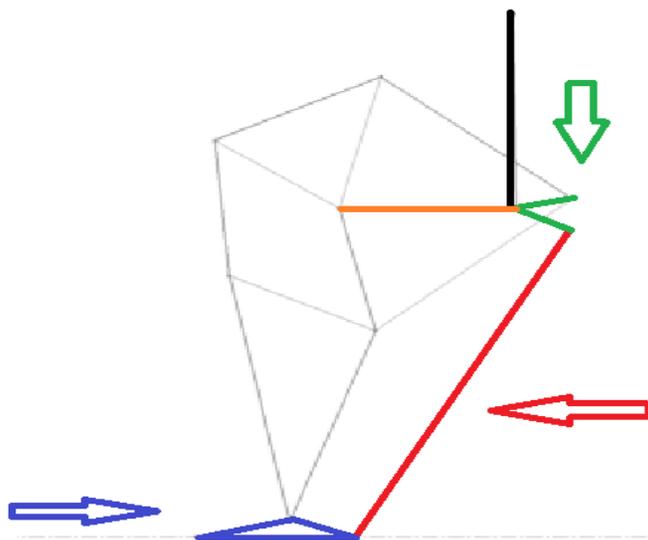
獨立的連結機關，腳尖裝上鉛筆，就可以描繪出實際運動時其腳尖所移動的軌跡。



(圖五)

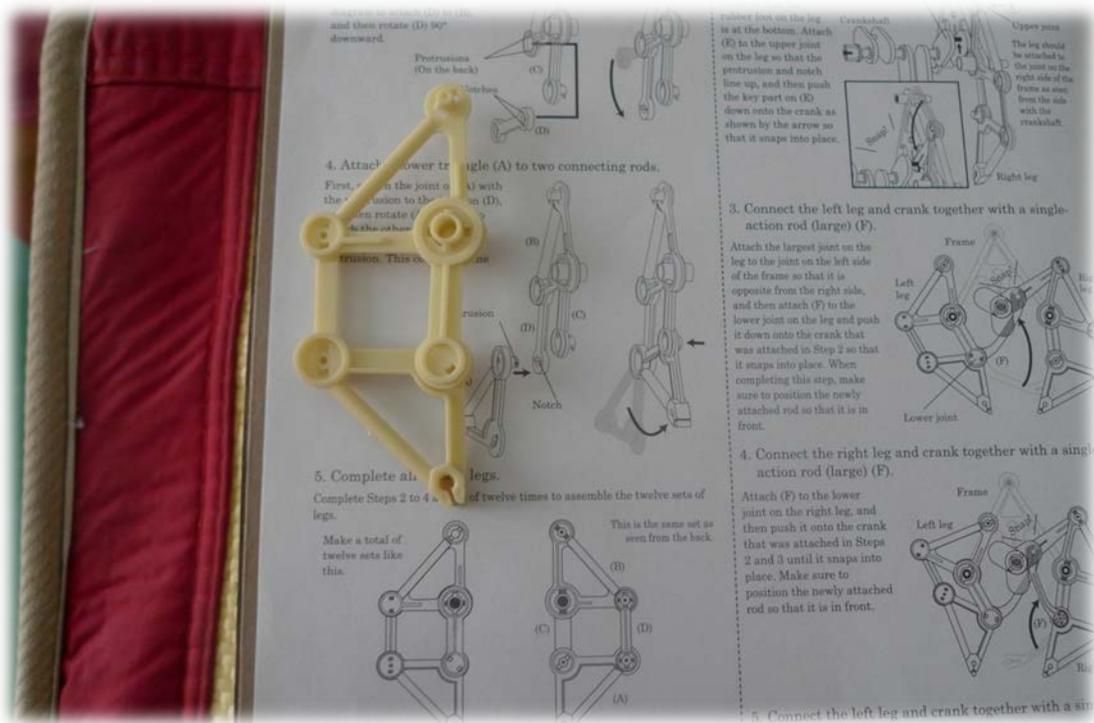
然而，腳要可以連動，必須要有一個功能類似 gastrocnemius 的機構來讓它做 dorsiflexion 以及 plantarflexion：

如下圖所示，藍色是新增加的腳，紅色連桿當作 gastrocnemius，兩根綠色連桿則是提供機構的相位差，橘色連桿的兩個端點，在整個運動過程中都不會移動，黑色的連桿只是一個操縱桿

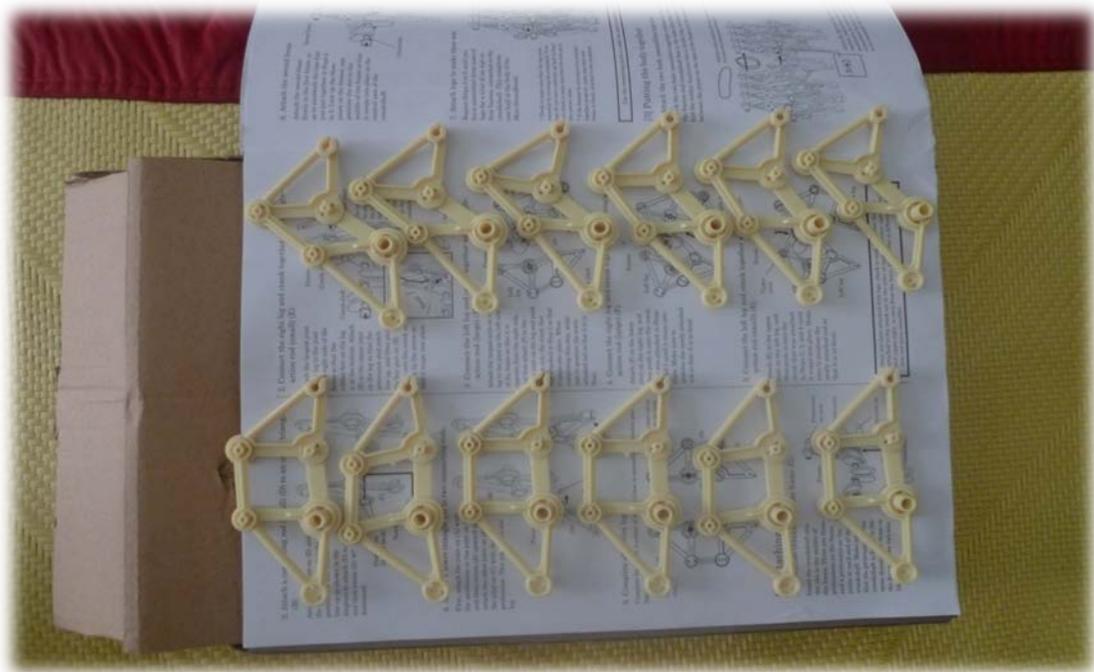


(圖六)

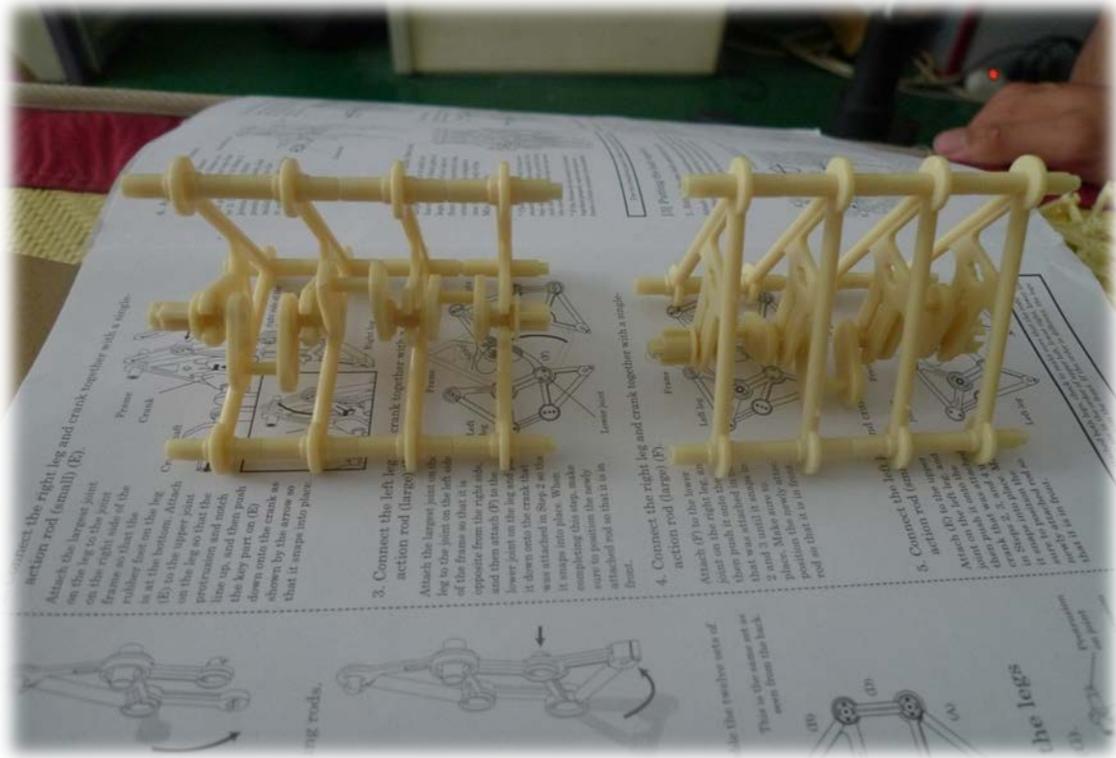
【實驗設備】



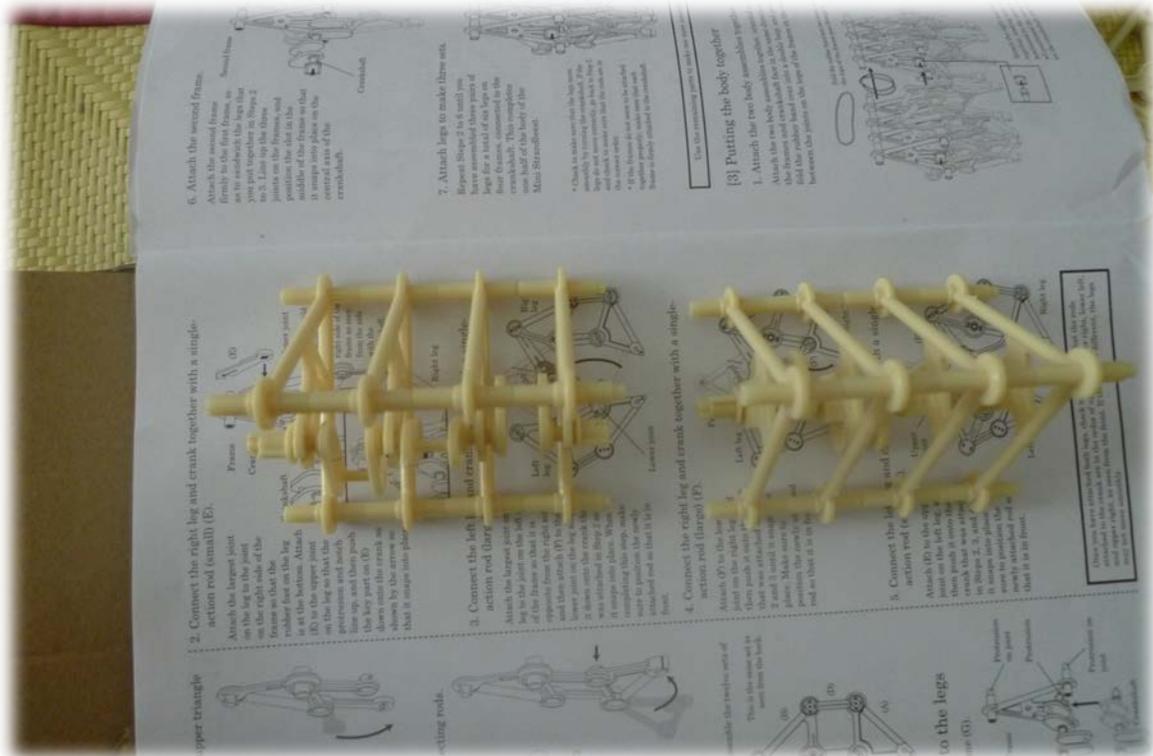
(圖七-1)腳部零件



(圖七-2)總共有六組十二個



(圖八-1)中間的三腳骨架與曲輪



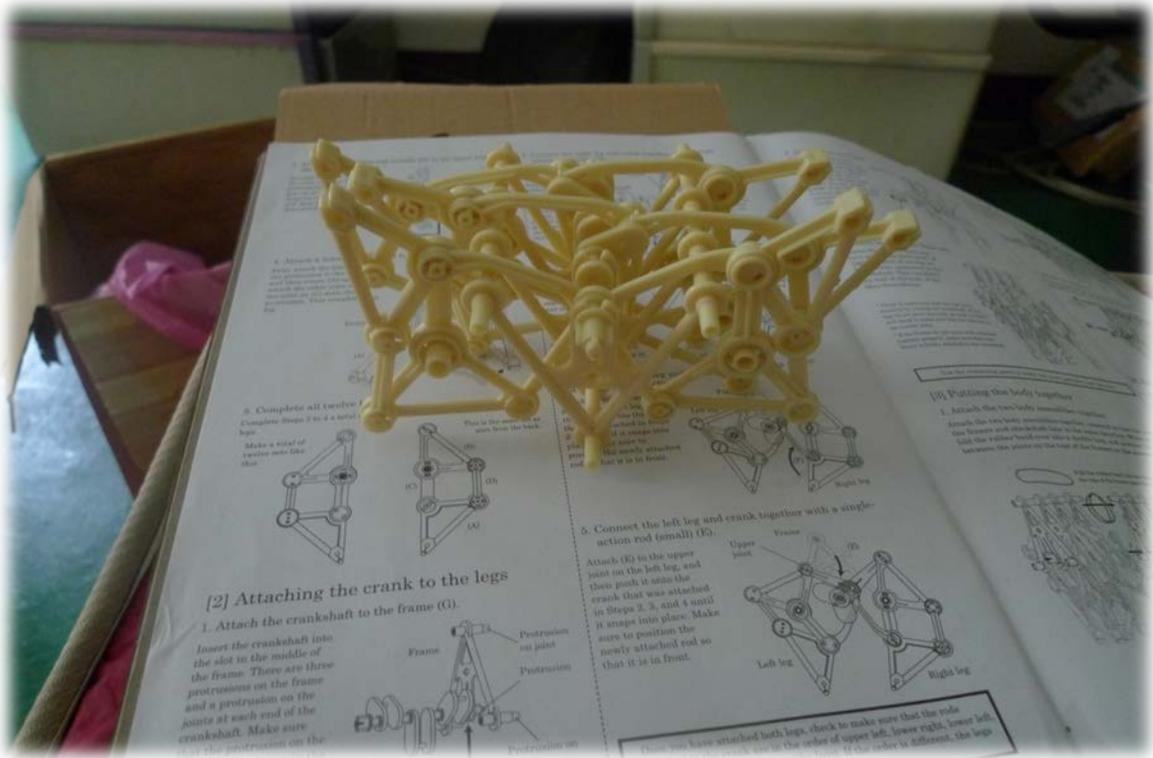
(圖八-2)兩組內部曲輪有六組



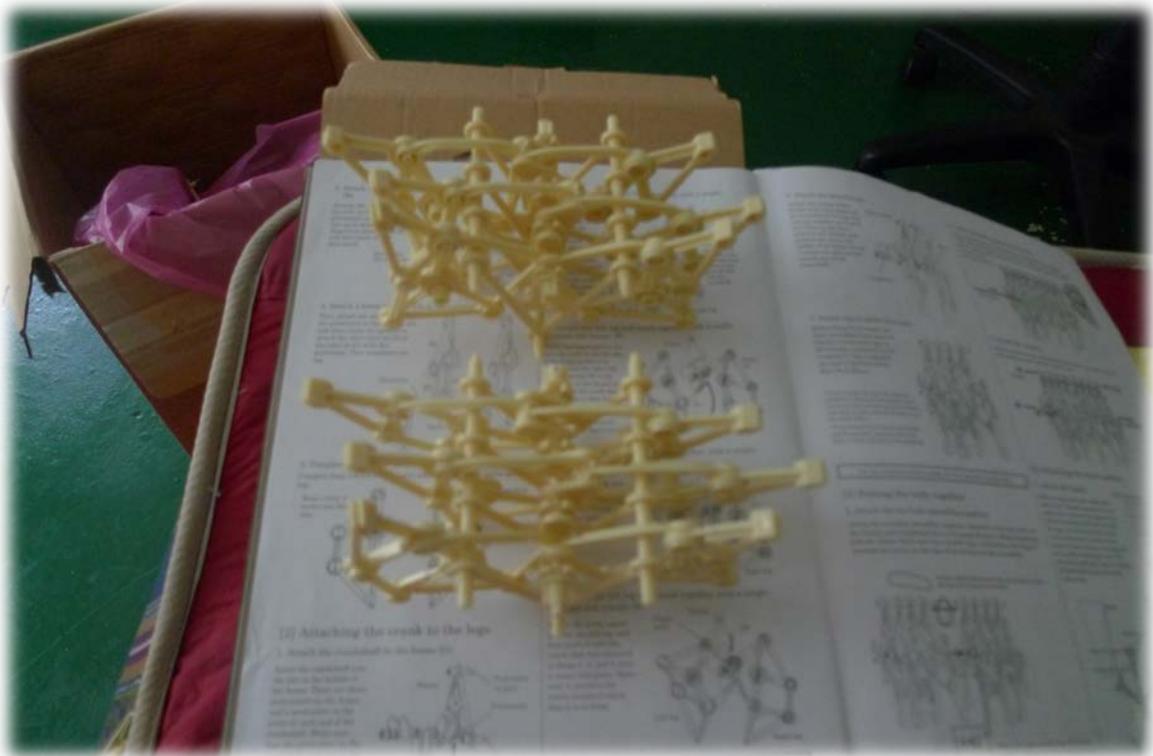
(圖九)組裝方式腳部與三角曲輪組



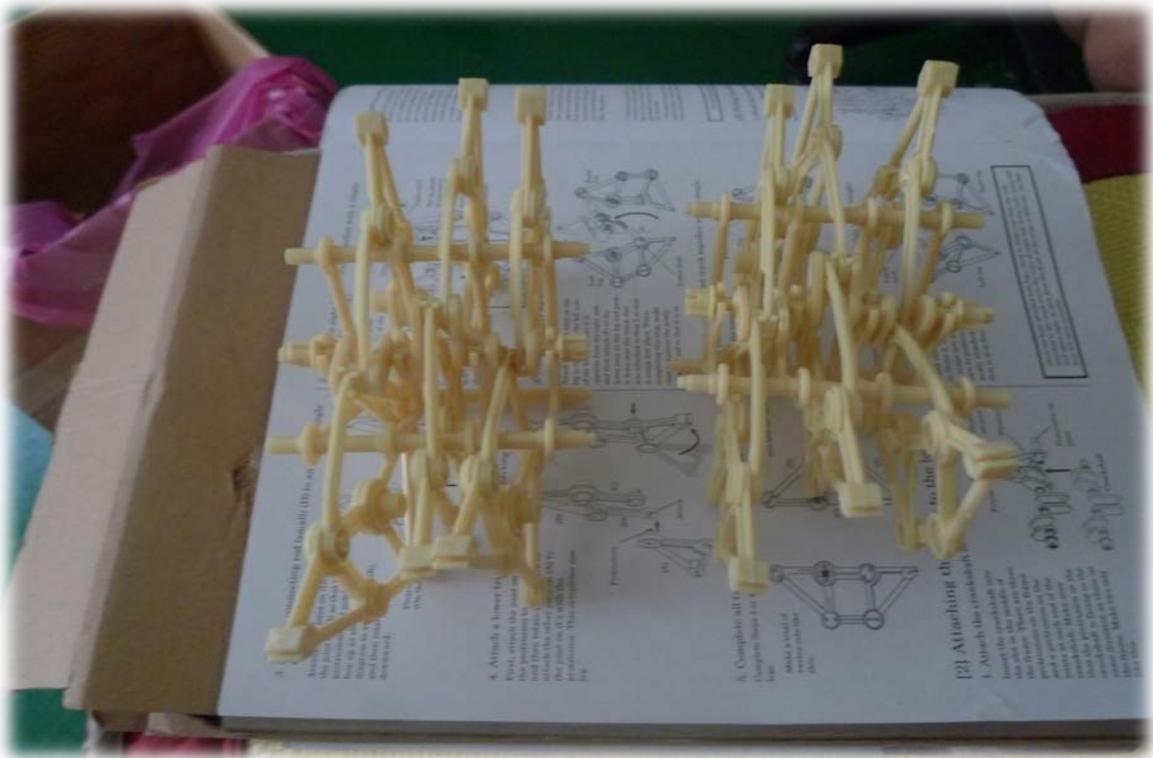
(圖十-1)把全部腳部與三腳骨組組合



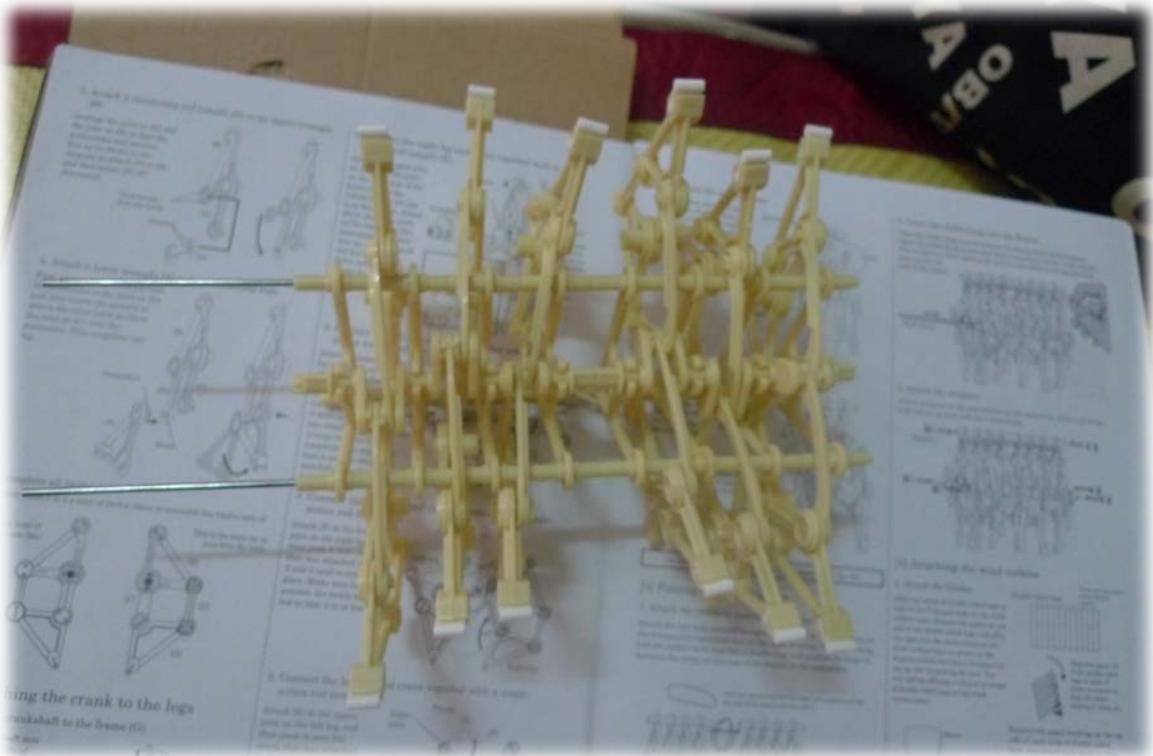
(圖十-2)由此可以看到每組腳都會跟曲輪有所連結



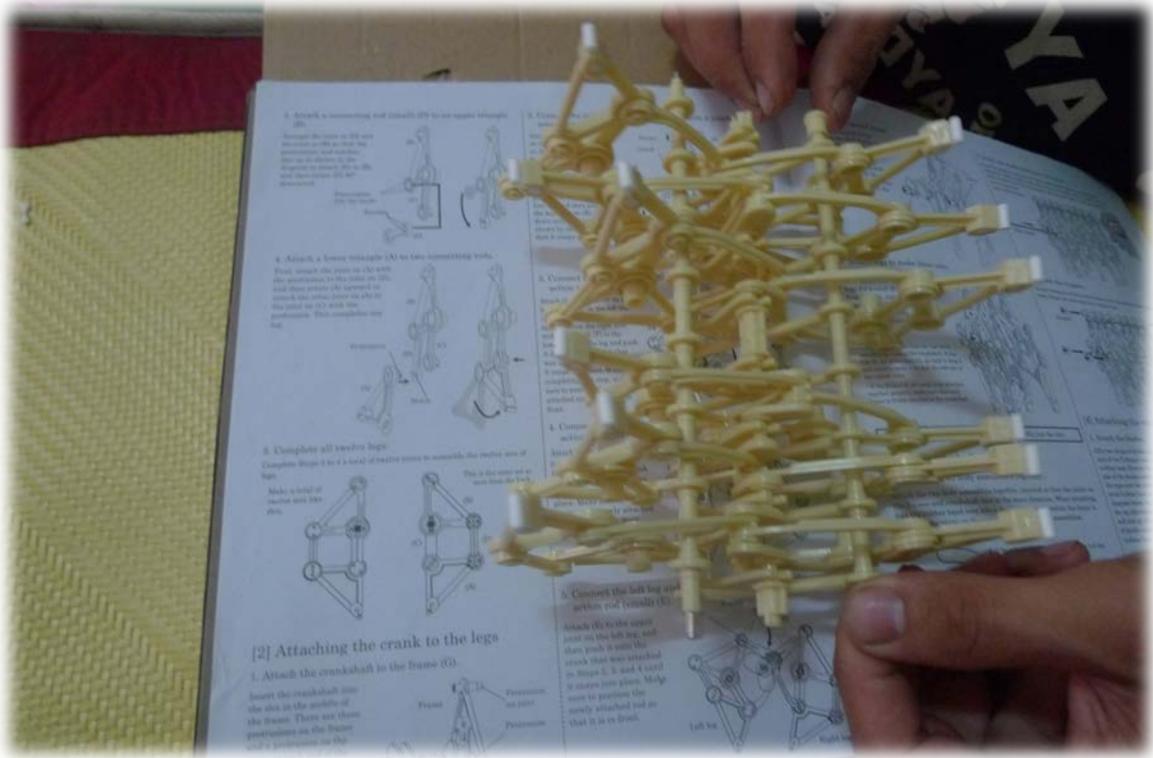
(圖十-3)兩小組完成



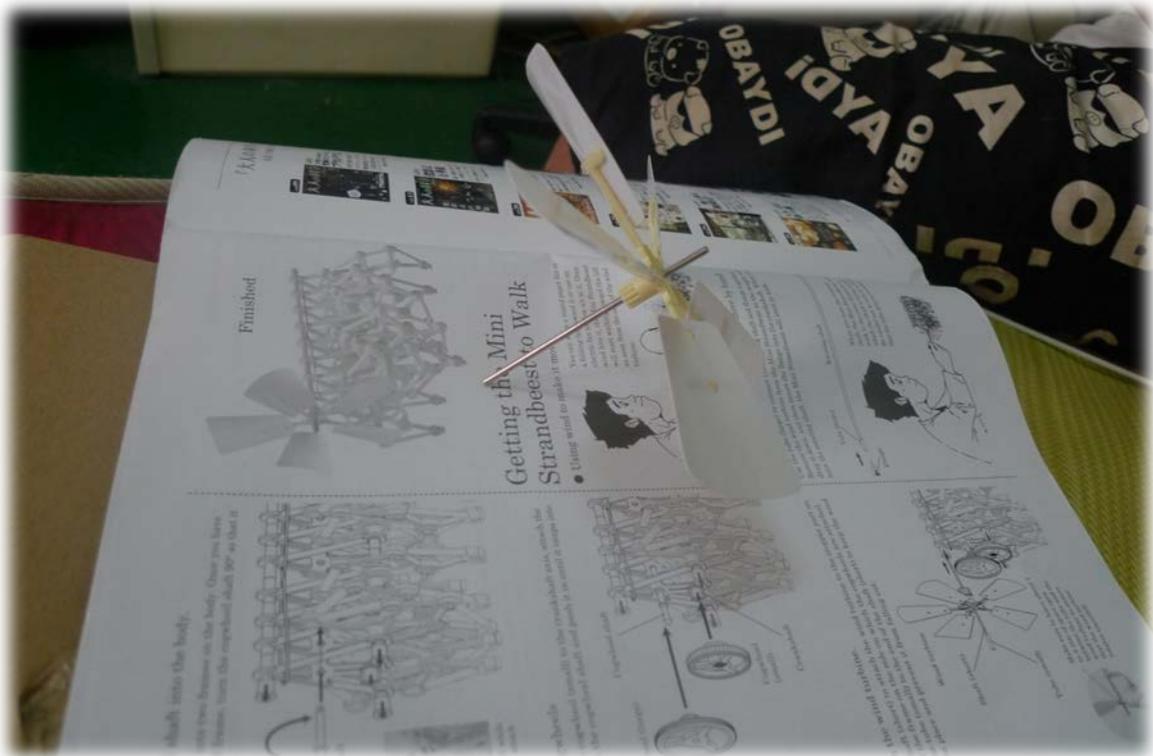
(圖十-4)此圖可以清楚看見曲輪與腳部連結的情況



(圖十一-1)將小鐵棒插進三角組凸輪組兩旁的小管子裡



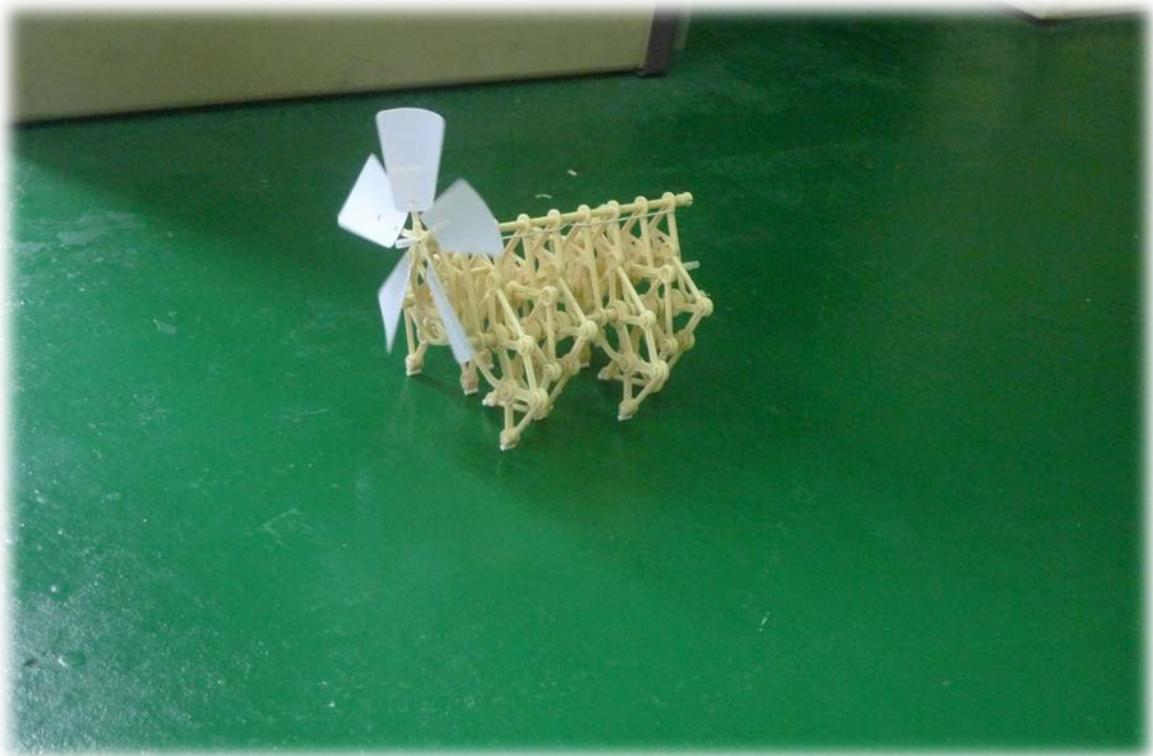
(圖十一-2)小鐵棒整支插入後前後在小套子套住



(圖十二)這是風扇組



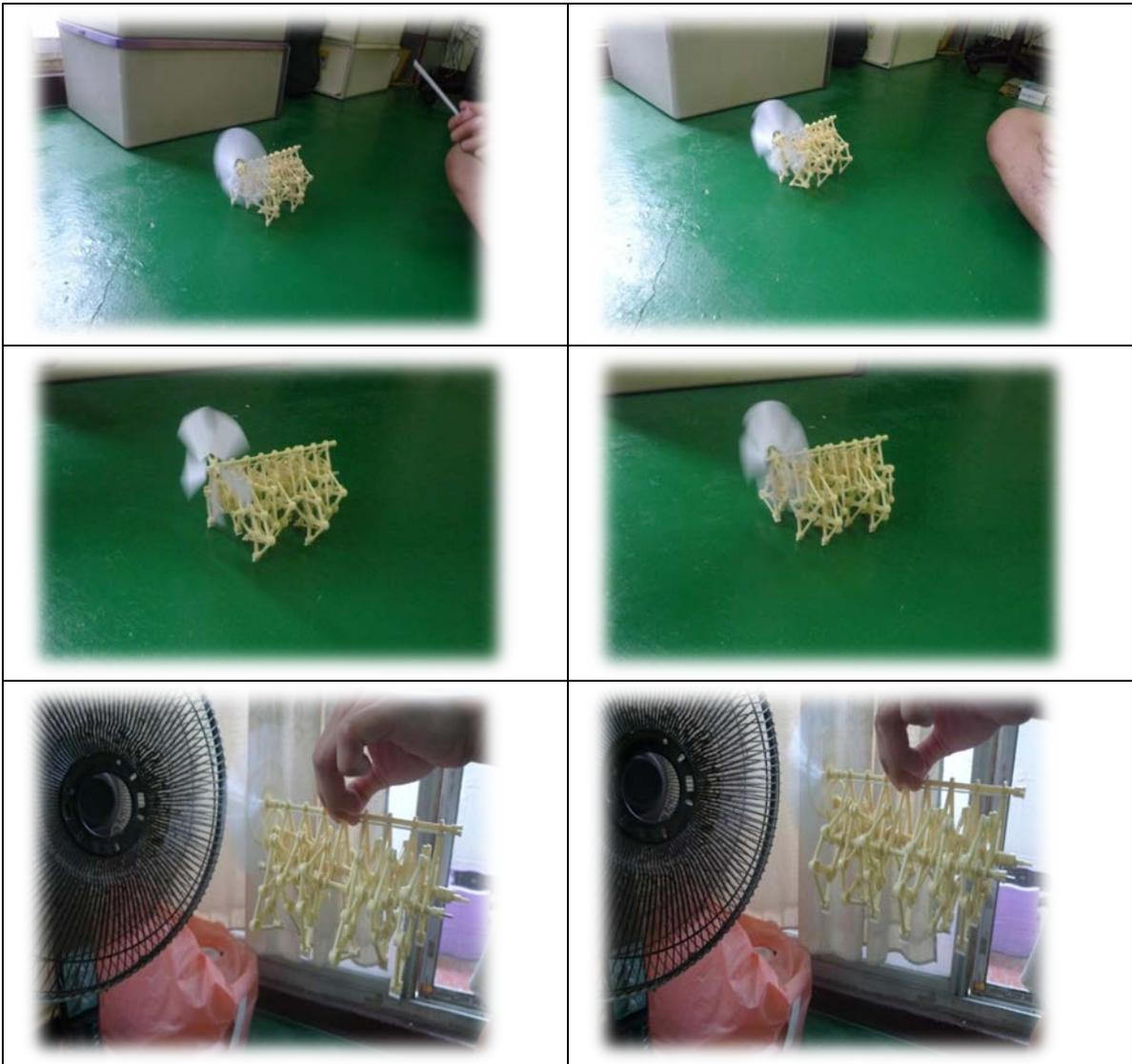
(圖十三)最後將風扇插入上方的小孔裡與齒輪契合



(圖十四)整個小仿生獸完成

【實驗過程】

以電風扇造出人工風力吹拂，讓整個仿生獸的動力風扇轉動帶動連結的齒輪轉動，在連節整的三角曲輪組的每組曲輪可以有序的轉動這樣就可以讓每組腳一步一步的動起來，以致讓整個機構有如生物般的活動了起來，一開始有些關節可能會動的不順，這個時候需再把一些小地方調整一下，經過幾次反覆的試驗以達到最靈活的活動方式，雖說腳部的落地點看起來小小的，但是由六組組成後卻也不失穩定度，如果刻意去晃動它的話走起來是很平穩的。(下列表格圖是仿生獸行走的樣子)



【結果與討論】

YA99055 鄭志邦：人們對於不存在的神祕生物，總是存在著無限想像，透過奇幻仿生獸創造出一隻巨大的迷樣生物並賦予生命，就像一隻高大的巨獸活生生展示在人們眼前。

仿生獸在生活上帶來許多新奇，它既環保又結合機械科學與藝術，不需要高科技電子產品，也不需要昂貴的器具，更不需要消耗能源，只需要在生活上常見的生活素材與風力。

在生活上能給人們帶來另一種生命的藝術，它既奇幻又充滿科學與想像力。

在工作上可以透過仿生獸來了解到生物的關節機關的連動過程進而製作出更精密更像生物的機器人。機械手臂讓它來替代人類危險又精密的工作。

YA99062 王偉侑：連桿個個地方都能看到，尤其是在機械業界更是常常使用，他能在生活上帶來許多的方便，可見他的重要性及實用性，作為動力機構更是不可少。

連桿在仿生獸上可以說是完全的使用，藉由風力來帶動曲軸使連桿作動，完全不使用到其他能量如：電力. 水力. 推拉力。

仿生獸在組裝上也不使用到螺絲或釘子，使用的是卡榫的方式，而在作者原作中材料則是選擇回收來的水管及保特瓶與繩子就做出來了，說他環保應該不為過。放在海邊看起來就活像隻怪獸似的。

連桿的比例也用多年實驗與計算的成果作出的黃金比例，作動時才會平滑圓順不會卡住，在移動時動作也不會很大，速度也沒想像中的那麼快。在仿生獸的腳底用上不同的腳型也可以在不同路面行走，不是太大的波幅也難不倒他。

這四連桿動力機構應該也可以使用在台車之類的方面上，它移動時滿平滑圓順的且路面不平，它一樣可以行走，推動時只要輕輕推就可以推動也不會有太大的噪音產生。

YA99055 郭瑞瑜：如果把仿生獸的行走結構改裝在現今的承載工具上，應該可以克服很多問題，比如輪子在很多非無障礙空間無法行走只能用推的..把此機構的裝置改良到手推車或者是輪椅上面，發展出可以在階梯上行走的工具，那在未來一定可以得到更多生活上的便利，因現在很多無障礙空間其實沒有做的很完善….

而仿生獸的行走靈活度與軌跡也比現代社會上的機器手臂等…更佳的靈敏如果可以把他的機構條件拿來改裝機械工具，應該可以模擬出更接近人類動作的物件屆時，如果以後人們需要用到模擬人類行動的實驗又可能傷害到人命的事情，這樣仿生獸的機構呈現出來的作用就可以讓人們避免更多的危險與沒必要的傷害與犧牲…雖然現在只能夠呈現出簡單的迴避動作，但是無庸置疑這已經是一種很大突破了，雖然不比電腦晶片的人工 AI 的聰明，但是這種完全不靠任何電力與電腦系統更符合自然而然的發生的情況..

原創者曾經說過，他希望他的仿生獸最後可以發展成自己可以因應環境 而改變自己的動作模式，雖然目前只能有閃避障礙的功能，未來將可自行調整內部運轉的模式，也就是說可以避免很多外界產生的機械性損害，如果真的能成功此作用也可以用到風力發電機那巨大的風扇上面，現在很多風力發電機都是處於損壞不動的狀態，如果以後真能發展出可以因應外界而自行調整內部機構行動模式那將可以避免大部分不必要的損壞與資源浪費，風力發電機與仿生獸的機構應該是可以互相輔佐的一樣都是捕捉大自然的空氣來產生動能來讓它的機構動起來….

從仿生獸的機構方式來看，我們可以發現，這項機械構造正是現今地球上最需要的機械，完全來自大自然的材料，動力也來自於自然界，這才能夠符合不造成過度污染與破壞的…雖無法拿來代替工業類的那種需要大量動力的工作內容，但是如果拿來運用在日常生活類方面的一些物品上用積沙成塔的模式來思考慢

慢的越來越多也許多少能為這個社會帶上一些貢獻，因為仿生獸的連桿動力也可以讓許多人有新的省思，原來機械也可以無污染無負擔性，在加上因為材料都是來自於身邊的一些簡單工具就可以組裝，所以可塑性又高而不會只是固定一種型態，而且又很輕巧拆解方便又容易帶著走，未來也許仿生獸不會只是在地上行走…天上飛的，水中遊的等等…

YA99073 林崇毅:我想將這學期學過的四連桿簡單的說來，因為這是在機動學中花最多時間也是最有心得的一項主題而我比較偏向功能性。

四連桿機構是最簡單，而且也最常用的機構。一個機構由許多剛體與低配對組成，或稱為連桿系統。在二度空間之機構方面，其低配對僅有兩種，即迴轉配對與稜柱配對。

最簡單之閉合連桿系為四連桿，它由四個組件，三個活動桿，一個固定桿及四個接合梢組成。

我們可在連桿上加上一些活動約束(自由度)使其產生特定的運動，的確四連桿是最簡單且最有用的機構。

連桿系的功能

一個連桿機構的功能是利用一個迴轉的曲柄可以使另外連桿旋轉，擺動或作往復運動。

具體言之，四連桿系具有下列功能。

1. 由連續運轉變成另一種連續迴轉。其轉速可能固定或隨時變化之速度比。
2. 由連續運轉變成擺動或往復運動(或相反的方向)。其速度可固定或可變。
3. 由擺動方式變成另一種擺動方式。或由往復變成另一種往復運動。其速度包括固定或可變。

連桿系有許多不同的功能，可以依原先機構之設計目的加以分類：

- 產生不同的功能：接合於固定桿兩端連桿間之相對運動。
- 產生不同的路徑：追蹤點的路徑。
- 產生不同的運動：配合桿之運動。

四連桿結構

最簡單約束型連桿系統是四連桿機構，許多有用的機構均由四連桿改變而成，其中包括配對的特性，連桿長度之比例等。

而最容易詮釋，四連桿機構的，就是仿生獸，它的所有構成都跟四連桿有關。

也可以藉由仿生獸得知，靠著四連桿機構，不一定要用電力，馬達等來當動力。

如果可以用大自然的動力來驅動，可以讓環境更好，不會有太多污染！

當然得研究出讓自然的動力，以及機構本身，達成無限循環

才能一直產生出我們所需的動力，爾且所有有關的機械開發研究上，很多都有關四連桿機構例如：切斷機器的開口蓋. 機械手臂. 門的伸縮. 敞篷車等..

許多所以我覺得四連桿機構，是可以多用途的，在這個學術研究的課程，讓我親手做出了它的實例，也讓我了解更多的用途。

這是我們最後做出來的成品，可以看到其實構造並不複雜，每一個腳都是由一組連桿機構和曲輪所組合而成的，動力來自於前面的風扇帶動齒輪來產生整個作品行走的動力來源。



【參考文獻】

1. 奇幻仿生獸特展官
網 <http://www.theojansen.com.tw/exhibition.php?act=detail&id=2>
2. 台大物治的家
家 <http://www.pt.ntu.edu.tw:8080/viewthread.php?tid=4410&extra=page%3D1>
3. Theo Jansen 的神奇機械動物
物 <http://blog.vgod.tw/2008/03/01/theo-jansen%E7%9A%84%E7%A5%9E%E5%A5%87%E6%A9%9F%E6%A2%B0%E5%8B%95%E7%89%A9/>
4. 綠建築 <http://www.searchouse.net/op/arch?bid=202>
5. 科學廣博人
文 http://dodo.nctu.edu.tw/science/article.php?id=5452&from_type=issue&from_id=252