

仿生獸，動起來！

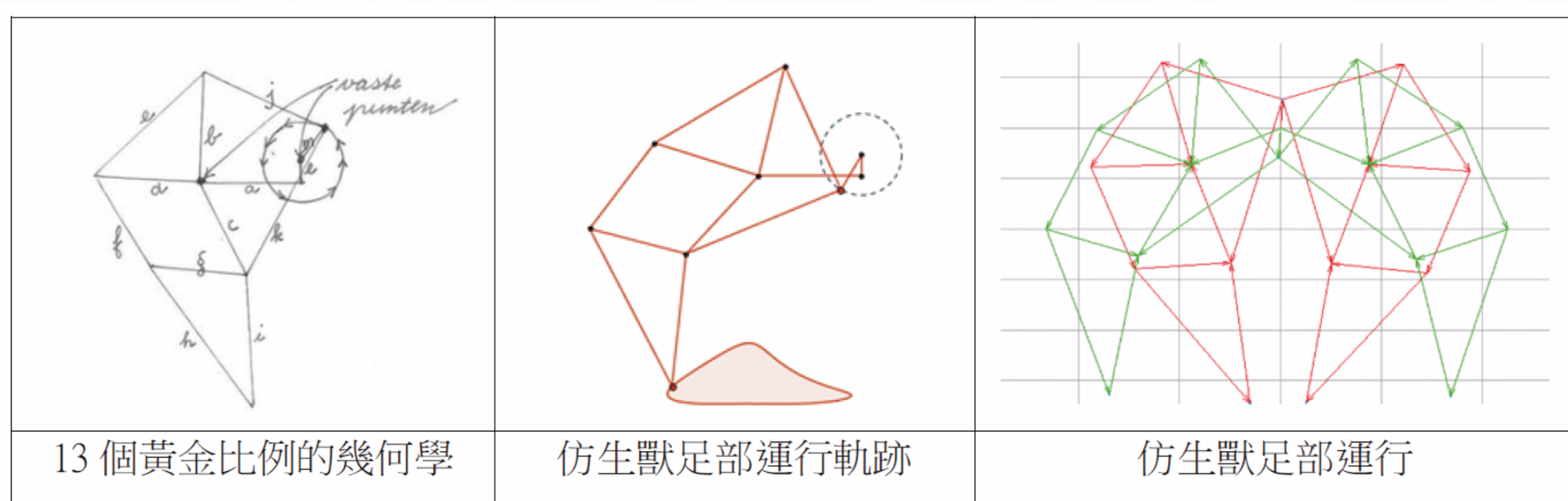
壹、研究動機

研究者：呂美毅、薛亦庭 指導老師：胡菲茜、吳錦勳

某次在網路上無意間看到一張很特別的照片，還看到「仿生獸」這三個字，這個名字引起了我們的注意，好奇心驅使我們點進去看內容，想要瞭解什麼是仿生獸。基於對仿生獸的好奇，我們決定以這做研究的主題，並運用在自然課學習到的相關原理，去做更進一步的探討及研究。瞭解仿生獸的緣由之後，我們還在網路上看到有賣已經設計好的材料可以製作出靠風力來行走的仿生獸，因此我們決定購買材料來製作看看，除了可以從製作過程中瞭解整個仿生獸的結構和運動原理，我們也想探究怎樣改良可以讓仿生獸行走的更快，另外我們資優班資訊課的內容也給了我們一個發想，如何結合「microbit」讓仿生獸可以透過遙控而動起來。

貳、仿生獸的機械原理

- (一) 仿生獸的構造分為三大部分：「肌肉」就是塑料管的腿部，「神經系統」就是氣流的控制閥，「風」就是動能，是「食物的來源」。這些巨獸「以風為食」，自主行走，有著栩栩如生的動態[1]。
- (二) 二進位系統的身體：仿生獸的邏輯和電腦一樣，長管是 1，短管是 0。每個小附件上有傳送器和接收器（如同生物的神經傳導系統），當空氣壓力進來，閥門依著 0、1 的設定呈現開關的狀態（0 是關，1 是開），來決定仿生獸的動作[3]。
- (三) 仿生獸行走機構中的「仿生腿」，可別小看這看似簡單的腿，它是仿生獸最複雜的部分，可是包含基本的三角桁架結構，還有 13 個黃金比例的幾何學（ $a=38$ 、 $b=41.5$ 、 $c=39.3$ 、 $d=40.1$ 、 $e=55.8$ 、 $f=39.4$ 、 $g=36.7$ 、 $h=65.7$ 、 $i=49$ 、 $j=50$ 、 $k=61.9$ 、 $l=7.8$ 和 $m=15$ ）。泰奧揚森將塑膠水管之間接合起來，類似車輛傳動軸上的構造，再經過電腦模擬出最適合的黃金數字，讓仿生獸的腳步能夠進行扇形的反覆運動，可以用最輕盈的步伐走動起來。因為接觸沙地的面積很小，阻力也相應更小，只要微風吹動，就能讓仿生獸在平面上行走起來[1][2]。
- (四) 仿生獸結構圖



參、結論

(一) 經由實驗一和實驗二的結果得知，不管仿生獸行走 60 公分及 120 公分的距離，仿生獸的體型長短對於對其行走的速度並沒有太大的影響。

實驗一：探討仿生獸體型長短影響行走之速度（測量行走距離 60 公分）

仿生獸體型長短及重量	兩節 109.1g	三節 145.7g	四節 200.3g
第一次行走速度	11.57 秒	11.91 秒	12.02 秒
第二次行走速度	11.84 秒	12.05 秒	11.34 秒
第三次行走速度	12.05 秒	11.86 秒	11.90 秒
三次平均行走速度	11.82 秒	11.94 秒	11.75 秒

實驗二：探討仿生獸體型長短影響行走之速度（測量行走距離 120 公分）

仿生獸體型長短及重量	兩節 109.1g	三節 145.7g	四節 200.3g
第一次行走速度	20.07 秒	19.96 秒	20.23 秒
第二次行走速度	20.96 秒	19.95 秒	20.20 秒
第三次行走速度	20.27 秒	20.20 秒	20.95 秒
三次平均行走速度	20.43 秒	20.04 秒	20.40 秒

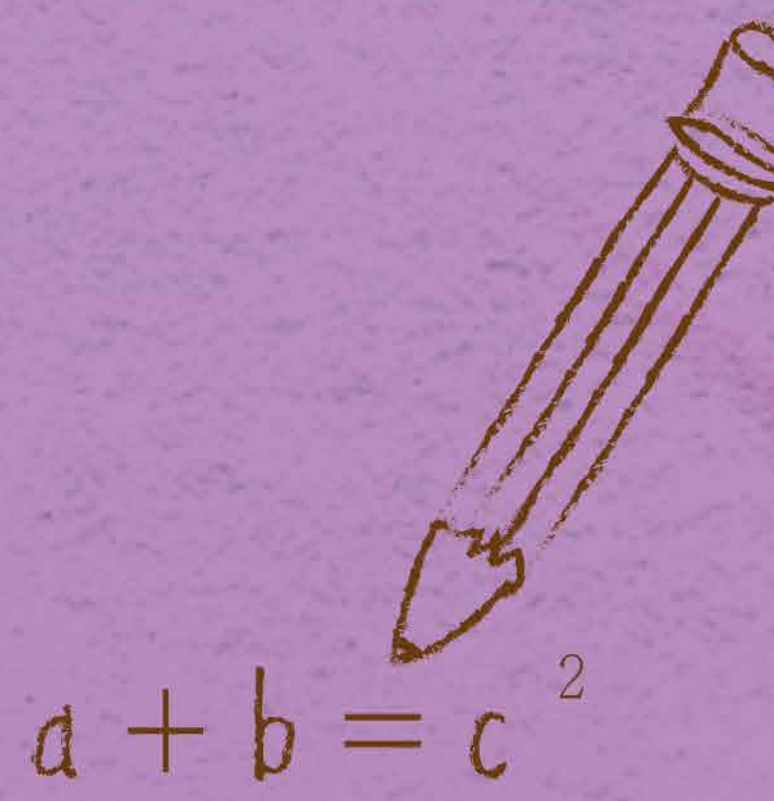
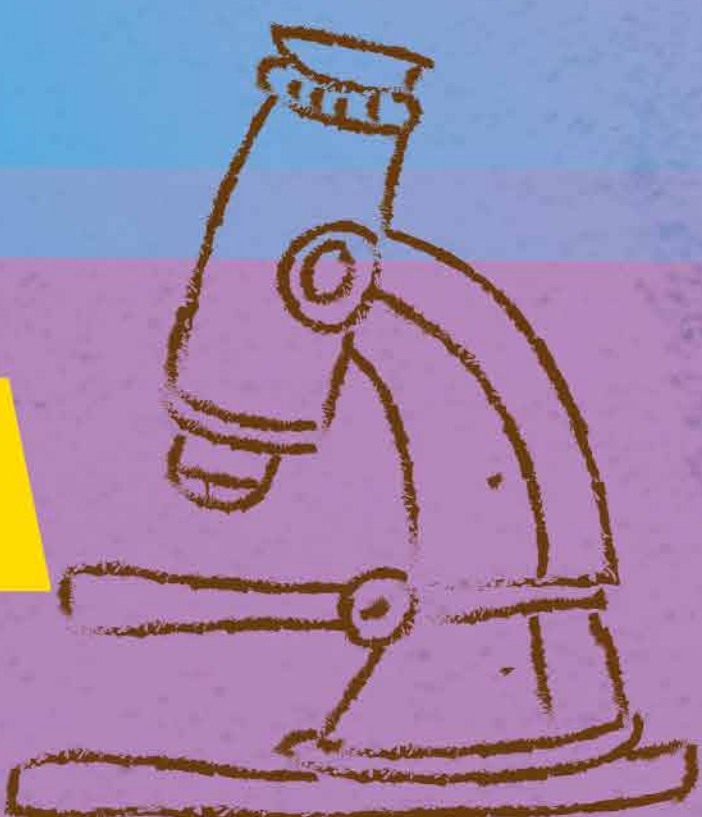
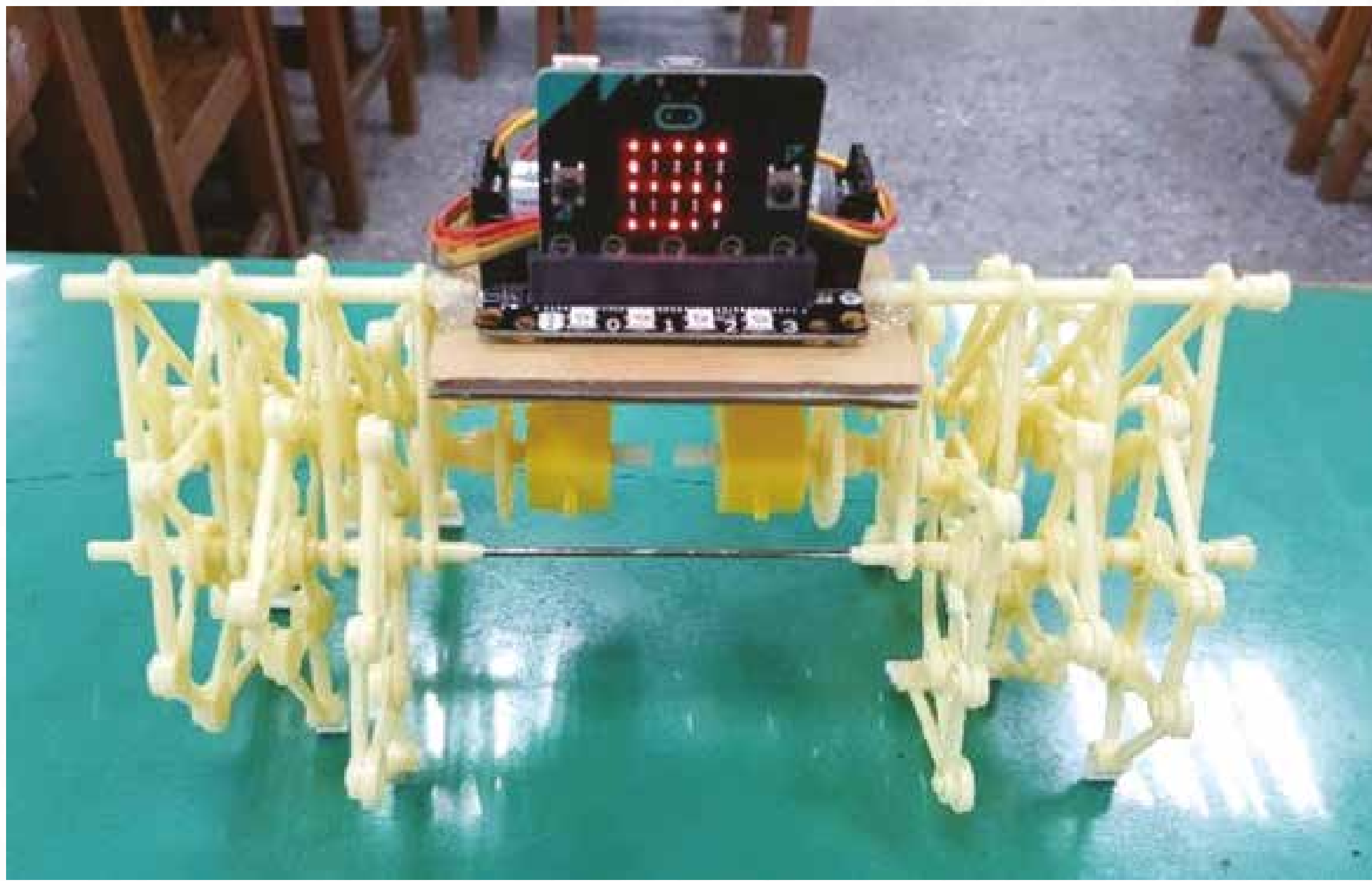
(二) 改變仿生獸風車的葉片材質，發現行走最快的是用薄瓦楞板製作，次之是用厚西卡紙製作，因此我們發現風車葉片越厚，風車轉的速度較快，仿生獸行走的速度也會變快。

仿生獸風力葉片材質及重量	薄塑膠片 110.8g	雲彩紙 108.7g	厚西卡紙 109.2g	薄瓦楞板 111.9g
第一次行走速度	11.72 秒	13.03 秒	10.91 秒	11.02 秒
第二次行走速度	11.79 秒	12.69 秒	10.94 秒	10.69 秒
第三次行走速度	11.45 秒	12.90 秒	11.15 秒	10.94 秒
三次平均行走速度	11.65 秒	12.87 秒	11.00 秒	10.88 秒 (最快)

(三) 改變仿生獸風車的葉片大小，發現風車葉片小的尺寸，仿生獸行走的速度最快。

仿生獸風力葉片大小	風車葉片最大	風車葉片中等	風車葉片最小
第一次行走速度	20.63 秒	11.6 秒	8.86 秒
第二次行走速度	19.92 秒	12.49 秒	8.71 秒
第三次行走速度	19.93 秒	12.25 秒	9.32 秒
三次平均行走速度	20.16 秒	12.11 秒	9.32 秒 (最快)

(四) 結合 microbit 無線操控讓仿生獸自己行走，透過遙控版「前、後、左、右」晃動來進行操控，最後按 A 鍵則是停止，主控版部分數字顯示 1 代表前進，數字顯示 2 代表右轉，數字顯示 3 代表左轉，數字顯示 4 代表後退，數字顯示 5 代表停止。



新北市永和區秀朗國小 109 學年度
資優班學生獨立研究作品

仿生獸，動起來！

研究者：呂美毅、薛亦庭

指導老師：胡菲茜、吳錦勳

目 錄

摘要.....	1
壹、研究動機.....	1
貳、研究目的.....	1
參、文獻探討.....	1
一、仿生獸的由來.....	1
二、仿生獸機械原理.....	2
肆、研究器材與設備.....	3
一、探討風力仿生獸影響行走速度之器材與設備.....	3
二、探討仿生獸如何結合 microbit 行走之器材與設備.....	3
伍、研究過程及方法.....	4
實驗一：探討仿生獸體型長短影響行走之速度（測量行走距離 60 公分）..	4
實驗二：探討仿生獸體型長短影響行走之速度（測量行走距離 120 公分）	5
實驗三：探討仿生獸風車葉片材質影響行走之速度.....	7
實驗四：探討仿生獸風車葉片尺寸影響行走之速度.....	9
實驗五：探討如何結合 microbit 透過遙控讓仿生獸行走.....	10
陸、結論.....	13
柒、心得與建議.....	13
捌、參考資料.....	14

摘要

有一次在網路上看到一張很特別的圖片，上面有寫著仿生獸，覺得很奇特，因此就以這當作我們的研究主題。我們主要探討影響風力仿生獸行走速度的原因，結果我們發現仿生獸的體型長短對於行走的速度並沒有太大的影響，而風車葉片越厚、風車葉片尺寸小的，車風轉動速度變快，而仿生獸行走的速度也會加快。最後我們結合 **microbit** 無線操控讓仿生獸自己行走，透過遙控版「前、後、左、右」晃動來操控仿生獸行走的方向。

壹、研究動機

某次在網路上無意間看到一張很特別的照片，還看到「仿生獸」這三個字，這個名字引起了我們的注意，好奇心驅使我們點進去看內容，想要瞭解什麼是仿生獸。基於對仿生獸的好奇，我們決定以這做研究的主題，並運用在自然課學習到的相關原理，去做更進一步的探討及研究。瞭解仿生獸的緣由之後，我們還在網路上看到有賣已經設計好的材料可以製作出靠風力來行走的仿生獸，因此我們決定購買材料來製作看看，除了可以從製作過程中瞭解整個仿生獸的結構和運動原理，我們也想探究怎樣改良可以讓仿生獸行走的更快，另外我們資優班資訊課的內容也給了我們一個發想，如何結合「**microbit**」讓仿生獸可以透過遙控而動起來。

貳、研究目的

- 一、探討仿生獸體型長短影響行走之速度。
- 二、探討仿生獸風車葉片材質影響行走之速度。
- 三、探討仿生獸風車葉片尺寸影響行走之速度。
- 四、探討如何結合 **microbit** 透過遙控讓仿生獸行走。

參、文獻探討

一、仿生獸的由來

「仿」：模仿、仿照的意思。

「生」：生物、有生命力的動物。

「獸」：四腳的野生動物。

仿生獸顧名思義就是模仿生物行走，荷蘭語中的意義即為「海灘動物」(beach animal)，是由荷蘭動感雕塑藝術家泰奧楊森（Theo Jansen）所建構出來的，以水管為細胞組件而構成的仿生物行動的大型模型，並由風力來進行前進後退轉彎等動作，因此動作會很像多足節肢生物在行進時所產生的律動美。泰奧楊森擅長數學，透過自行研發的演算法來設計每個仿生獸的造型和複雜的動作。

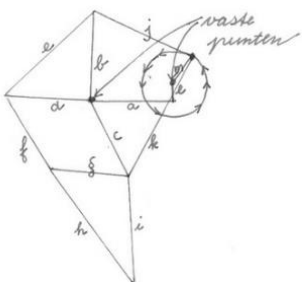
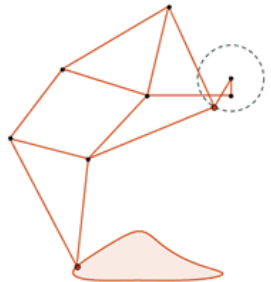
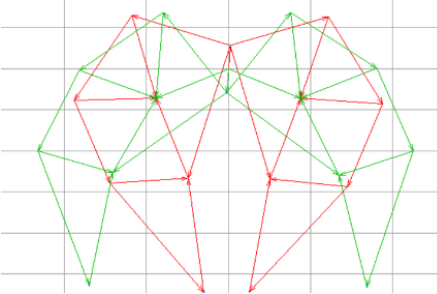
泰奧楊森從 1990 年代開始建構仿生獸，經過多年來的不斷改良，他的仿生獸作品對海灘環境已相當適應，而且能自由地行走。此外，他的仿生獸還能儲存空氣壓力，以便在沒有風的情況下作為驅動自己的力量；而它們也有偵測水的能力，一旦它們碰到水，就會自動轉向以避免被淹死；還給仿生獸設計了「鼻子」，當「鼻子」感應到大風時就會啟動，一錘一錘地將木樁子錘到沙子裡面固定住，防止仿生獸被吹走[3]。

二、仿生獸機械原理

仿生獸的構造分為三大部分：「肌肉」就是塑料管的腿部，「神經系統」就是氣流的控制閥，「風」就是動能，是「食物的來源」。這些巨獸「以風為食」，自主行走，有著栩栩如生的動態[1]。

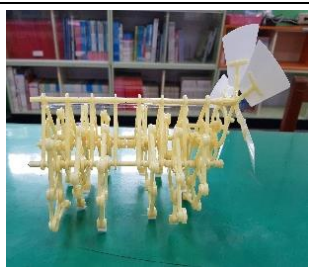
二進位系統的身體：仿生獸的邏輯和電腦一樣，長管是 1，短管是 0。每個小附件上有傳送器和接收器（如同生物的神經傳導系統），當空氣壓力進來，閥門依著 0、1 的設定呈現開關的狀態（0 是關，1 是開），來決定仿生獸的動作[3]。

仿生獸行走機構中的「仿生腿」，可別小看這看似簡單的腿，它是仿生獸最複雜的部分，可是包含基本的三角桁架結構，還有 13 個黃金比例的幾何學 ($a=38$ 、 $b=41.5$ 、 $c=39.3$ 、 $d=40.1$ 、 $e=55.8$ 、 $f=39.4$ 、 $g=36.7$ 、 $h=65.7$ 、 $i=49$ 、 $j=50$ 、 $k=61.9$ 、 $l=7.8$ 和 $m=15$)。泰奧楊森將塑膠水管之間接合起來，類似車輛傳動軸上的構造，再經過電腦模擬出最適合的黃金數字，讓仿生獸的腳步能夠進行扇形的反覆運動，可以用最輕盈的步伐走動起來。因為接觸沙地的面積很小，阻力也相應更小，只要微風吹動，就能讓仿生獸在平面上行走起來[1] [2]。

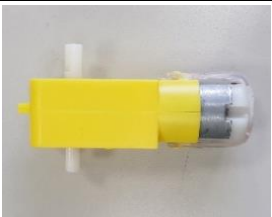
		
13 個黃金比例的幾何學	仿生獸足部運行軌跡	仿生獸足部運行

肆、研究器材與設備

一、探討風力仿生獸影響行走速度之器材與設備

			
吹風機	捲尺	碼錶	自組風力仿生獸
			
厚西卡紙	雲彩紙	薄瓦楞板	剪刀
			
美工刀	鉛筆		

二、探討仿生獸如何結合 microbit 行走之器材與設備

			
Microbit 開發版	Robotbit 擴充版	Micro USB 傳輸線	杜邦線（公對母）
			
18650 電池	TT 減速馬達	熱融膠槍	焊接工具

伍、研究過程及方法

實驗一：探討仿生獸體型長短影響行走之速度（測量行走距離 60 公分）

一、實驗步驟

- （一）組裝好兩節、三節、四節等三種風力仿生獸。
- （二）測量仿生獸要行走的距離 60 公分。
- （三）將仿生獸放置在桌子上的起點。
- （四）其中一人拿吹風機並量好仿生獸與吹風機的距離 7 公分。
- （五）另一位人拿板子放在仿生獸後方不讓仿生獸偏離軌道。
- （六）開始用吹風機 2 號風速吹仿生獸，第三人同步開始計時。

二、實驗操作

- （一）操縱變因：仿生獸的長短。
- （二）控制變因：仿生獸行走的距離、吹風機與仿生獸的距離、吹風機的風力大小、
仿生獸風車葉片材質、仿生獸風車葉片尺寸。
- （三）應變變因：仿生獸行走 60 公分的時間。

三、實驗照片



兩節、三節、四節的仿生獸

	
仿生獸組裝中	實驗行走 60 公分的時間

四、實驗記錄

仿生獸體型長短及重量	兩節 109.1g	三節 145.7g	四節 200.3g
第一次行走速度	11.57 秒	11.91 秒	12.02 秒
第二次行走速度	11.84 秒	12.05 秒	11.34 秒
第三次行走速度	12.05 秒	11.86 秒	11.90 秒
三次平均行走速度	11.82 秒	11.94 秒	11.75 秒

五、實驗發現

實驗結果發現三種長短的仿生獸行走 60 公分的距離，平均速度差不多，最快與最慢的數據相差 0.19 秒而已，快慢的差異不大。一開始我們認為四節的仿生獸會走得最慢，因為重量最重，但結果發現仿生獸的大小對行走速度沒有太大的影響。我們推測有可能是因為測量的距離不夠長，所以我們決定再實驗測試看看行走 120 公分的結果。

實驗二：探討仿生獸體型長短影響行走之速度（測量行走距離 120 公分）

一、實驗步驟

- （一）組裝好兩節、三節、四節等三種風力仿生獸。
- （二）測量仿生獸要行走的距離 120 公分。
- （三）將仿生獸放置在桌子上的起點。
- （四）其中一人拿吹風機並量好仿生獸與吹風機的距離 7 公分。
- （五）另一位人拿板子放在仿生獸後方不讓仿生獸偏離軌道。
- （六）開始用吹風機 2 號風速吹仿生獸，第三人同步開始計時。

二、實驗操作

(一) 操縱變因：仿生獸的大小。

(二) 控制變因：仿生獸行走的距離、吹風機與仿生獸的距離、吹風機的風力大小、
仿生獸風車葉片材質、仿生獸風車葉片尺寸。

(三) 應變變因：仿生獸行走 120 公分的時間。

三、實驗照片

		
兩節、三節、四節的仿生獸	仿生獸組裝中	實驗行走 120 公分的時間

四、實驗記錄

仿生獸體型長短及重量	兩節 109.1g	三節 145.7g	四節 200.3g
第一次行走速度	20.07 秒	19.96 秒	20.23 秒
第二次行走速度	20.96 秒	19.95 秒	20.20 秒
第三次行走速度	20.27 秒	20.20 秒	20.95 秒
三次平均行走速度	<u>20.43 秒</u>	<u>20.04 秒</u>	<u>20.40 秒</u>

五、實驗發現

實驗行走 120 公分平均速度較快的是三節的仿生獸，但最快與最慢數據相差 0.39 秒而已，差異並不大，因此我們發現即使實驗距離變長，仿生獸的大小對行走的速度並沒有太大的影響。

實驗三：探討仿生獸風車葉片材質影響行走之速度

一、實驗步驟

- (一) 裁剪並組裝好風車材質為塑膠片、雲彩紙、厚西卡紙、薄瓦楞板等四種風力仿生獸。
- (二) 測量仿生獸要行走的距離 60 公分。
- (三) 將仿生獸放置在桌子上的起點。
- (四) 其中一人拿吹風機並量好仿生獸與吹風機的距離 7 公分。
- (五) 另一位人拿板子放在仿生獸後方不讓仿生獸偏離軌道。
- (六) 開始用吹風機 2 號風速吹仿生獸，第三人同步開始計時。

二、實驗操作。

- (一) 操縱變因：仿生獸風車葉片材質。
- (二) 控制變因：仿生獸行走的距離、吹風機與仿生獸的距離、吹風機的風力大小、
仿生獸體型長度、仿生獸風車葉片尺寸。
- (三) 應變變因：仿生獸行走 60 公分的時間。

三、實驗照片



不同風車葉片材質的仿生獸

	
仿生獸風車葉片改裝中	實驗行走 60 公分的時間

四、實驗記錄

仿生獸風力葉片 材質及重量	薄塑膠片 110.8g	雲彩紙 108.7g	厚西卡紙 109.2g	薄瓦楞板 111.9g
第一次行走速度	11.72 秒	13.03 秒	10.91 秒	11.02 秒
第二次行走速度	11.79 秒	12.69 秒	10.94 秒	10.69 秒
第三次行走速度	11.45 秒	12.90 秒	11.15 秒	10.94 秒
三次平均行走速度	11.65 秒	12.87 秒	11.00 秒	10.88 秒 (最快)

五、實驗發現

- (一) 仿生獸重量順序：薄瓦楞板>薄塑膠片>厚西卡紙 >雲彩紙
- (二) 仿生獸行走速度快慢：薄瓦楞板>厚西卡紙>薄塑膠片>雲彩紙
- (三) 我們原本猜想風車葉片材質的重量越輕，仿生獸會行走得比較快，但實驗結果和我們想的完全相反，**風車葉片較厚的仿生獸**，它的行走速度比較快。

實驗四：探討仿生獸風車葉片尺寸影響行走之速度

一、實驗步驟

- (一) 裁剪並組裝好風車葉片尺寸最大、中等、最小等三種風力仿生獸。
- (二) 測量仿生獸要行走的距離 60 公分。
- (三) 將仿生獸放置在桌子上的起點。
- (四) 其中一人拿吹風機並量好仿生獸與吹風機的距離 7 公分。
- (五) 另一位人拿板子放在仿生獸後方不讓仿生獸偏離軌道。
- (六) 開始用吹風機 2 號風速吹仿生獸，第三人同步開始計時。

二、實驗操作

- (一) 操縱變因：仿生獸風車葉片尺寸。
- (二) 控制變因：仿生獸行走的距離、吹風機與仿生獸的距離、吹風機的風力大小、
仿生獸體型長度、仿生獸風車葉片材質。
- (三) 應變變因：仿生獸行走 60 公分的時間。

三、實驗照片



不同風車葉片尺寸的仿生獸

四、實驗記錄

仿生獸風力葉片大小	風車葉片最大	風車葉片中等	風車葉片最小
第一次行走速度	20.63 秒	11.6 秒	8.86 秒
第二次行走速度	19.92 秒	12.49 秒	8.71 秒
第三次行走速度	19.93 秒	12.25 秒	9.32 秒
<u>三次平均行走速度</u>	<u>20.16 秒</u>	<u>12.11 秒</u>	<u>9.32 秒 (最快)</u>

五、實驗發現

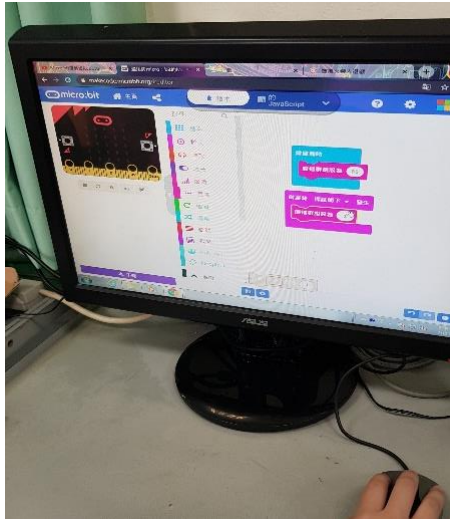
- (一) 仿生獸行走速度快慢：風車葉片最小>風車葉片中等>風車葉片最大。
- (二) 我們原本猜想風車葉片越大的仿生獸會行走最快，但實驗結果和我們所想的完全相反，**仿生獸風車葉片最小反而行走的速度最快**，且葉片最大和葉片最小的行走秒速差了將近 **11 秒**。

實驗五：探討如何結合 microbit 透過遙控讓仿生獸行走

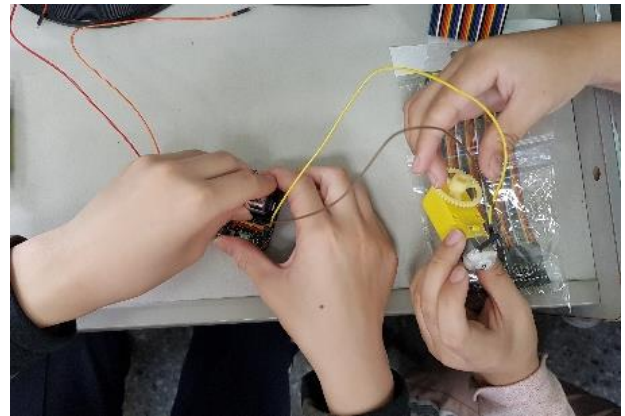
一、製作步驟

- (一) 測試 T T 減速馬達轉動方向。
- (二) 把齒輪用熱融膠黏在 T T 減速馬達上。
- (三) 寫主控版和遙控版的程式。
- (四) 把程式分別匯入開發版（主控版和遙控版）。
- (五) 把主控版插入擴充版，並把杜邦線連接擴充版與 T T 減速馬達。
- (六) 電池裝入擴充版後開機，測試 microbit 連接上 T T 減速馬達的運轉情況。
- (七) 確認 T T 減速馬達可以運作及轉向後，接著將馬達接上仿生獸。
- (八) 把杜邦線焊接在 T T 減速馬達上。
- (九) 最後把 T T 減速馬達和擴充版固定在仿生獸上。
- (十) 終於完成藉由 microbit 來控制仿生獸行走，可前進、後退、左轉、右轉。

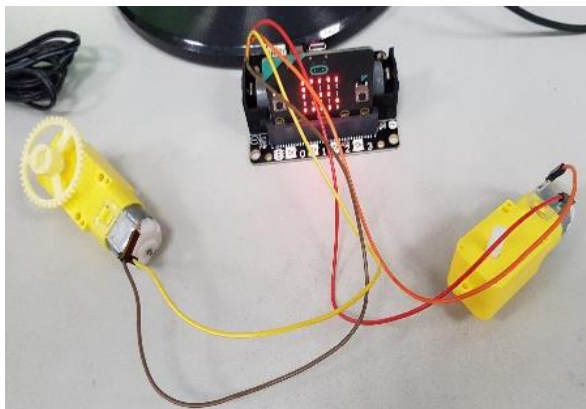
二、製作照片



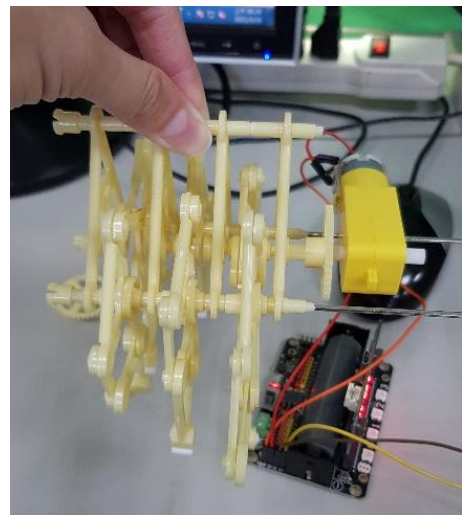
撰寫 microbit 程式



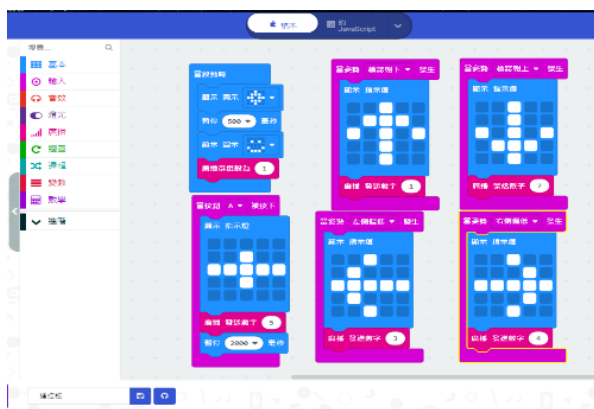
microbit 連接單科馬達測試



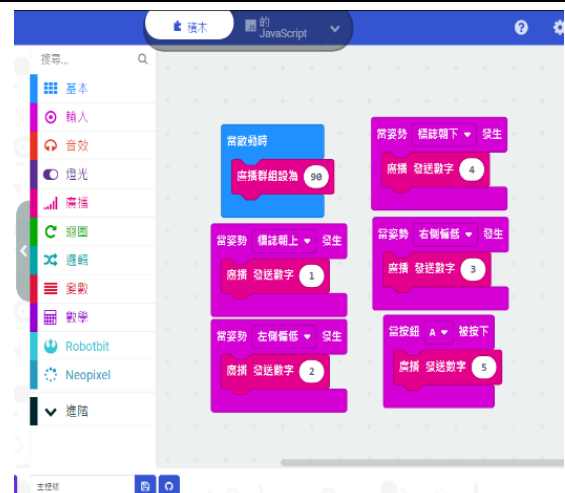
microbit 連接兩顆馬達測試運轉方向



馬達接上仿生獸實際運轉測試

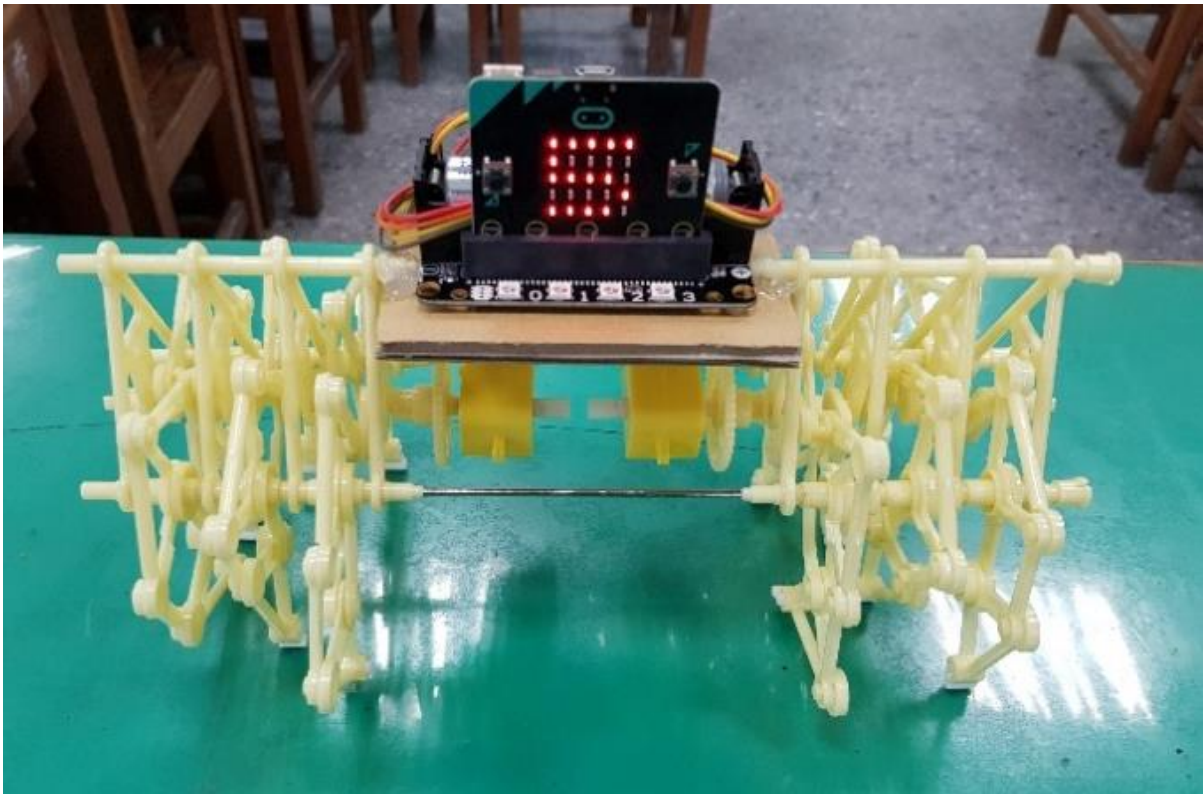


microbit 遙控版程式

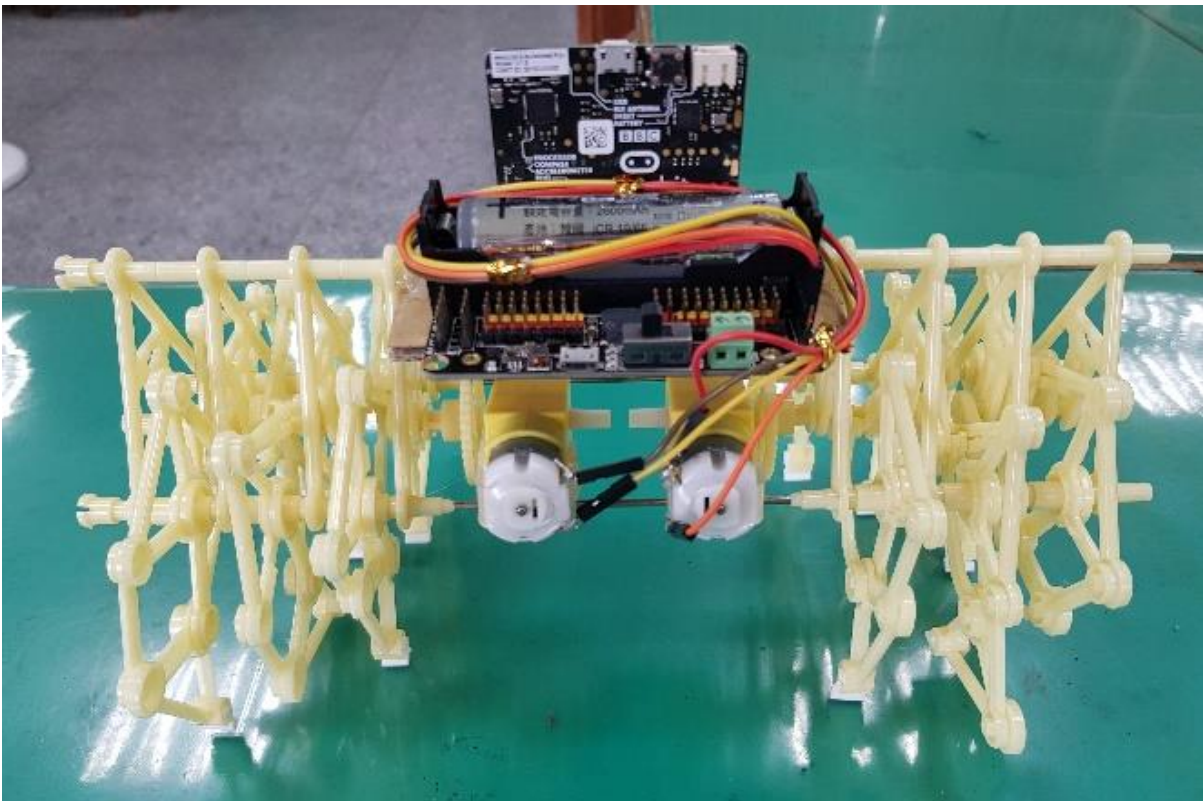


microbit 主控版程式

三、Microbit 仿生獸完成品照片



Microbit 仿生獸正面



Microbit 仿生獸背面

陸、結論

- 一、經由實驗一和實驗二的結果得知，不管仿生獸行走 60 公分及 120 公分的距離，仿生獸的體型長短對於對其行走的速度並沒有太大的影響。
- 二、改變仿生獸風車的葉片材質，使用薄瓦楞板、厚西卡紙、薄塑膠片、雲彩紙等四種不同材質來製作仿生獸的風車葉片，發現行走最快的是用薄瓦楞板製作，次之是用厚西卡紙製作，因此我們發現風車葉片越厚，風車轉的速度較快，仿生獸行走的速度也會變快。
- 三、改變仿生獸風車的葉片大小，使用小中大等三種尺寸來製作仿生獸的風車葉片，發現風車葉片小的尺寸，仿生獸行走的速度最快。
- 四、結合 **microbit** 無線操控讓仿生獸自己行走，透過遙控版「前、後、左、右」晃動來進行操控，最後按 **A** 鍵則是停止，主控版部分數字顯示 **1** 代表前進，數字顯示 **2** 代表右轉，數字顯示 **3** 代表左轉，數字顯示 **4** 代表後退，數字顯示 **5** 代表停止。

柒、心得與建議

- 一、仿生獸的零件非常多，需要仔細的看說明書，一開始組裝也是花了我們很多時間，仿生獸足部的部分，只要裝反了，行走時會有怪聲，有時甚至會卡住不動，也曾經發生足部零件掉落的情況，但最後我們互相幫忙，完成了最初版本的風力仿生獸。
- 二、我們想瞭解如何改造讓仿生獸行走的速度加快，於是開始進行一連串實驗。在改造風力仿生獸的部分並不困難，最困難的是用吹風機來吹動風車帶動仿生獸行走，一開始仿生獸的行走路徑都會偏離，且偏離的路徑都不一樣，為求實驗的準確性，我們用吹風機練習了很久，終於慢慢抓到不會讓仿生獸偏離的訣竅。
- 三、之後我們便思考如何不用風力也可以讓仿生獸行走，而資優班資訊課所學的 **microbit** 課程剛好提供了我們一個靈感，想試試看如何結合 **microbit** 無線操控讓仿生獸自己行走。我們先思考需要哪些材料，接著就是最困難寫程式的部分、擴充版如何和馬達連接，一開始我們寫的程式沒辦法順利讓馬達運轉，我們又上網找資料研究了好一陣子，終於讓雙顆都能順利的運轉，最後把馬達和擴充版固定在仿生獸上，整個完成後，實際測試也能透過遙控順利的讓仿生獸行走，我們好開心啊，完成了一件作品。
- 四、我們這次研究使用的仿生獸是坊間購買而得，我們想未來如果能完全靠自己製作出來，也是一件很厲害的事。六年級的獨立研究，我們學到很多，如何整理並繕打資料、如何做簡報、如何進行口頭報告，老師也引導我們去發現問題，並如何運用資源來解決問題，這一年真的是收穫滿滿，很棒的回憶。

捌、參考資料

- 一、機械 cax360 第 394 期。 <https://kknews.cc/news/leoqgog.html>。
- 二、Jansen 的仿生獸進化史。 <http://bionicbeast.weebly.com/evolution.html>。
- 三、不是動物的動物—仿生獸。
<https://brainywaker.wordpress.com/2015/05/27/%E4%B8%8D%E6%98%AF%E5%8B%95%E7%89%A9%E7%9A%84%E5%8B%95%E7%89%A9%E2%94%80%E2%94%80%E4%BB%BF%E7%94%9F%E7%8D%B8/>。
- 四、奇幻仿生獸。新北市 105 學年度中小學科學展覽會。
- 五、什麼樣的風車轉動最快。嘉義縣 91 學年度第 43 屆國中小科學展覽會。
- 六、實作風力仿生獸及電機改造。 http://info23thing.blogspot.com/2018/05/blog-post_25.html。