

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物及地球科學科

最佳創意獎

031701

幾何高手-探討姬胡麻斑捲葉象鼻蟲之『搖籃』數學規律

學校名稱：南投縣立宏仁國民中學

作者：	指導老師：
國一 歐書晴	李季篤
國一 施喬心	林柏興
國一 周欣穎	
國一 陳詩涵	

關鍵詞： 姬胡麻斑捲葉象鼻蟲、搖籃、畢氏定理

摘要

本研究觀察了姬胡麻斑捲葉象鼻蟲如何的進行捲葉，包括了選葉、戳洞、切割、整脈、摺尾、捲葉、產卵、抱壓、封口、重複抱壓與封口、收尾等過程，得知姬胡麻斑捲葉象鼻蟲將卵產在捲葉內，幼蟲以捲葉中的葉片為食、化蛹及羽化為成蟲。同時利用數學中的對稱、等距、平行等關係以及依據褶痕痕跡所連接構成的直角三角形與平行四邊形型態，製作出正六邊形的平面狀與圓柱狀搖籃，更得知只要搖籃內的角度改變，將會製作出各種不同的搖籃形狀，並且發現可利用摺出的正多邊形圖形求得圓周率 π 的近似值。

壹、研究動機

我們在校園朴樹上看到了一個個小小的捲葉，老師說那是一種叫做姬胡麻斑捲葉象鼻蟲的巢，是為孵育後代所製作的『搖籃』，所以這類捲葉象鼻蟲又被稱為『搖籃蟲』。若將搖籃葉片攤開，能看到葉片上有許多小洞與摺痕，很難想像姬胡麻斑捲葉象鼻蟲就是利用這些小洞與摺痕將葉片捲成柱狀。也因此激起我們想了解捲葉象鼻蟲的興趣，更進一步的來觀察、研究這隻渺小卻有著驚人智慧的昆蟲。

貳、研究目的

- 一、觀察姬胡麻斑捲葉象鼻蟲捲葉搖籃
- 二、探討搖籃上數學的規律
 - (一) 搖籃上的『數學對稱關係』
 - (二) 搖籃上的『等距關係』
 - (三) 搖籃上的『平行關係』
 - (四) 搖籃上的『直角三角形』
 - (五) 搖籃上的『平行四邊形』
- 三、搖籃內的褶痕測量
- 四、利用褶痕製作平面與立體搖籃
- 五、探討洞距改變後的搖籃形狀
- 六、探討角度改變後的搖籃形狀

參、研究設備及器材

研究器材：捲葉搖籃（21 個）、尺、捲尺、量角器、數位相機、圓規、鉸槍、35 公分透明壓克力板。

肆、研究方法與結果

研究一：觀察姬胡麻斑捲葉象鼻蟲捲葉搖籃

【觀察日期】 2008-01 至 2008-05

【目的】 了解姬胡麻斑捲葉象鼻蟲製作搖籃過程與搖籃大小

【思考】 參考台灣昆蟲手札中捲葉的照片，歸納找出捲葉過程詳細的步驟，還要測量捲葉大小

【步驟】：

1. **觀察姬胡麻斑捲葉象鼻蟲製作搖籃過程：**我們參考並選用了台灣昆蟲手札中的姬胡麻斑捲葉象鼻蟲捲葉過程，整理、歸納出捲葉步驟，同時觀察並摘下捲葉搖籃，測量搖籃體型大小。
2. **觀察朴樹上捲葉搖籃數量：**使用捲尺量朴樹高度，並記錄朴樹上的捲葉搖籃數目。
3. **比較捲葉搖籃及朴樹葉片大小：**測量 21 個搖籃體型以及搖籃展開後葉片的大小。

【結果】：

步驟 1 結果：將捲葉的過程，歸納有下列 11 項步驟，分別是選葉、戳洞、切割、整脈、摺尾、捲葉、產卵、抱壓、封口、重複抱壓與封口、收尾等，捲葉搖籃大小約在 1.8~2.0 公分，詳細結果如下圖 1~圖 17。



圖 1.挑選適合做搖籃的葉片



圖 2.開始在葉片上戳洞做記號



圖 3.將葉片由內向外切割出一道缺口

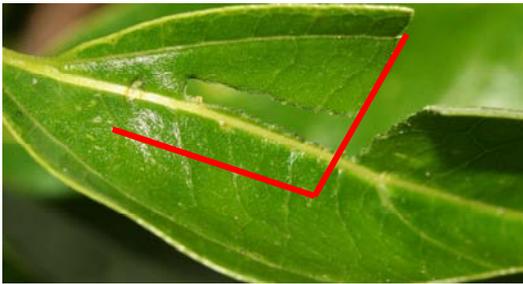


圖 4.缺口呈 L 型



圖 5.從葉片基部往葉片尾部整脈



圖 6.頭朝下將葉片往下摺彎

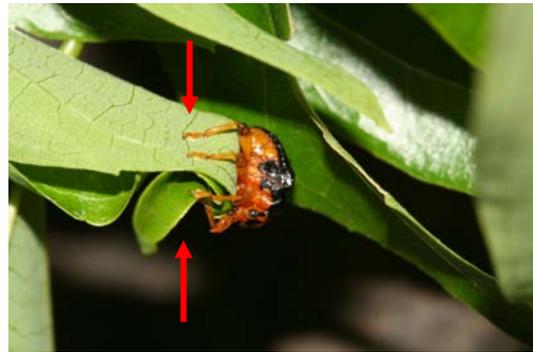


圖 7.使用後 6 隻腳，擠壓固定葉片



圖 8.向前推滾



圖 9.身體垂直縱壓，固定形狀



圖 10.在葉片上咬出小孔洞



圖 11.轉身將尾部放入洞內



圖 12.產下橙黃色卵粒



圖 13.繼續往前推滾



圖 14.密封上方缺口縫隙

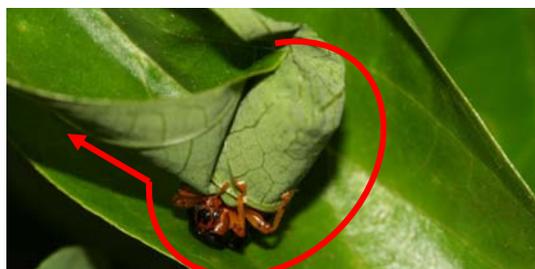


圖 15.爬出下方缺口向前推滾



圖 16.直到接近 L 型缺口，準備收尾



圖 17.形成一個搖籃

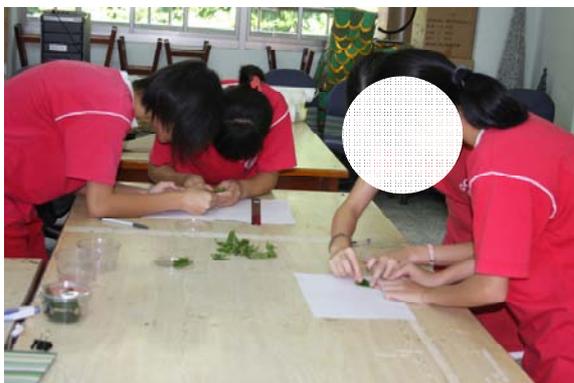
步驟 2 結果：測量了四株 60~80 公分的朴樹，捲葉搖籃數量分別是 6 個、8 個、7 個、6 個。



步驟3 結果：從下圖、表一與附錄一得知，21 個搖籃體型與展開後的大小，搖籃越大，葉片會越大。



觀察 21 個捲葉搖籃



捲葉展開實驗

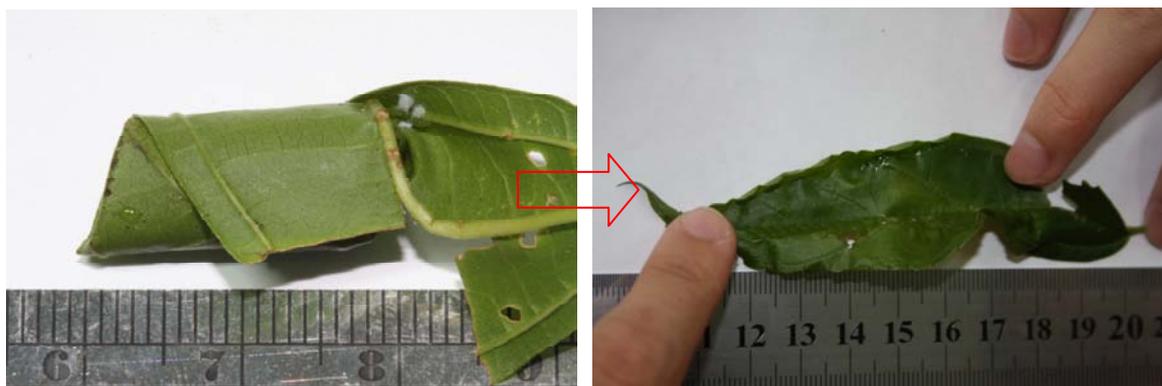


展開後的捲葉搖籃葉片



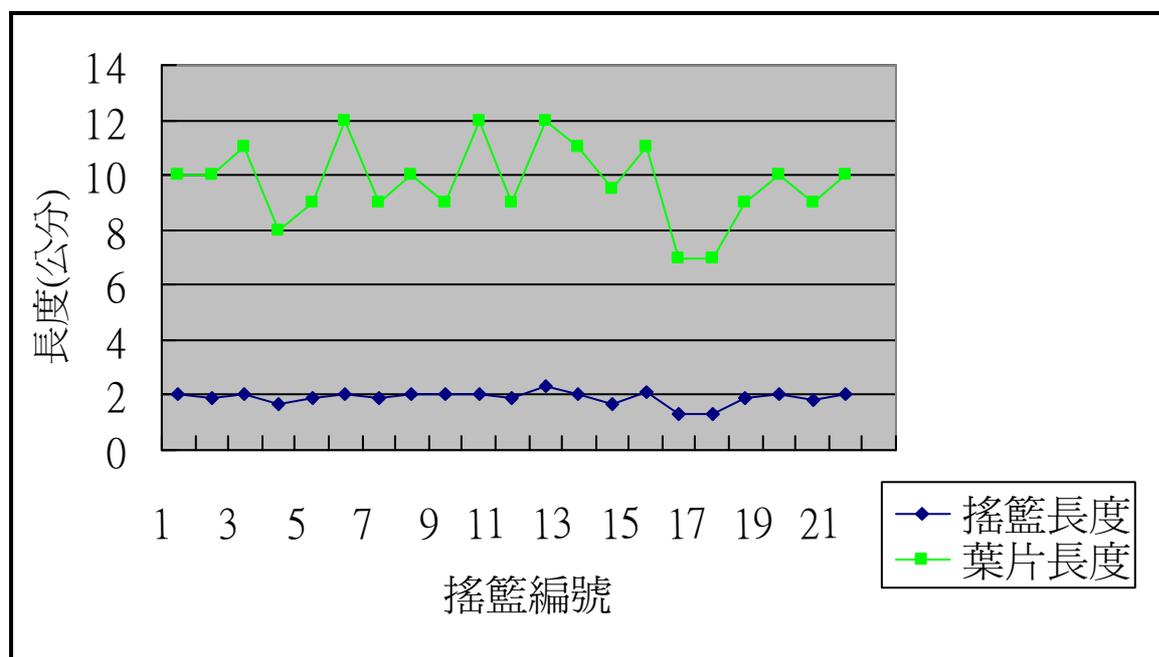
1.7 公分長的搖籃，展開後葉片長約 9.5 公分





2.0 公分長的搖籃，展開後葉片長約 10 公分

表一：搖籃長度與葉片間關係



研究二：探討搖籃上數學的規律

(一) 搖籃上的『數學對稱關係』

【研究日期】 2008-01 至 2008-05

【目的】 藉由搖籃的摺痕，找出摺痕在數學上的對稱意義

【思考過程】 數學上，若將一個圖形沿著一條直線對摺後，直線兩側的圖形的完全疊合，在數學上稱為對稱圖形，中間對摺的直線稱為對稱軸。

【步驟】 1. 觀察搖籃上的對稱關係：攤開捲葉觀察，看到上方一邊向葉片內面摺翻、下方一邊向葉背摺翻，最後將整個葉片由葉背面向葉面對摺，如下圖：

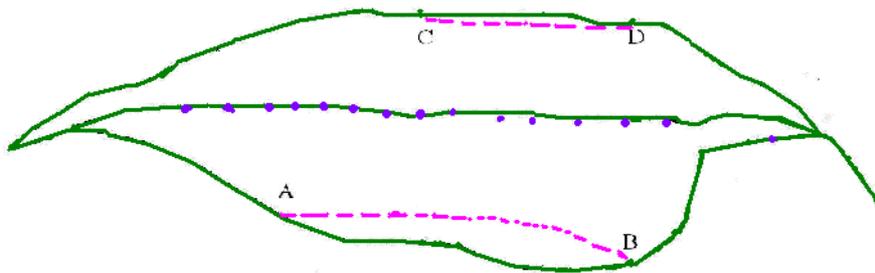


2. 搖籃葉片對稱平面圖：以直尺、圓規測量照片中葉片上內外摺翻的距離，及對摺的對稱圖形，並用電腦模擬畫出。

【結果】：

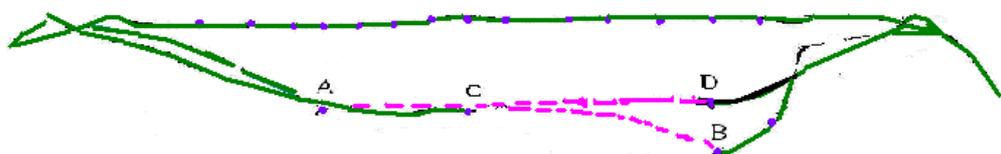
1. 在葉片邊緣的四個洞分別標上 A、B、C、D 四個點，如下圖一，在 A、B 兩點將葉片向葉背摺翻，在 C、D 兩點將葉片內面摺翻，得知這樣的摺翻的目的可以使葉片更接近對稱圖形。

圖一：



2. 以葉片的葉脈為中心將葉片重疊對摺，這結果與數學上的對稱圖形相同，因此具有對稱性的意義，

圖二：



(二) 搖籃上的『等距關係』

【研究日期】2008-01 至 2008-05

【目的】藉由搖籃內的小洞，找出數學上的等距關係

【思考過程】在搖籃內葉片上的主葉脈與葉片的上半部，各出現一排小孔洞，我們如果測量小洞與小洞水平連結後的距離，如果接近甚至相等，在數學上是等距關係。

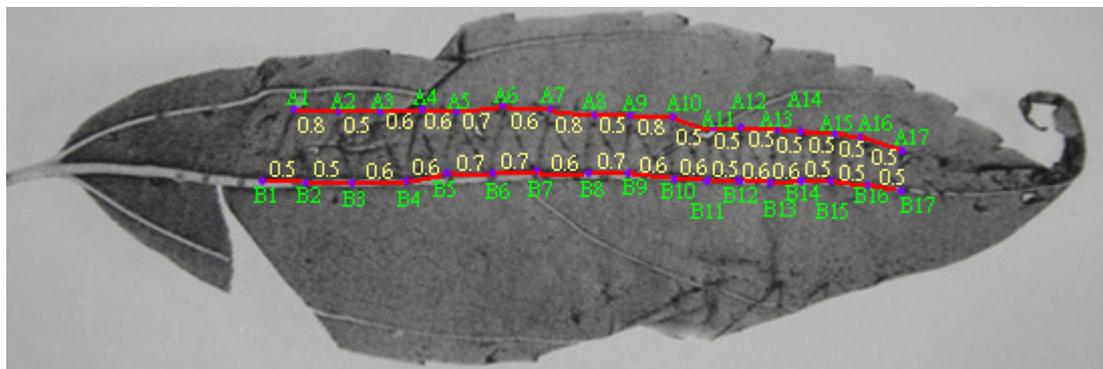
【步驟】1. 觀察搖籃上的等距關係：由葉面上得知洞與洞之間的等距關係，如下圖：



2. 標示出葉片上水平方向洞距的等距關係：影印攤開後的搖籃葉片，以直尺測量葉片上的洞距，由左至右，上方一排小洞以 A1 到 A17 標示，主葉脈以 B1 到 B17 表示。

【結果】：

發現洞與洞間距離集中在 0.5 公分到 0.8 公分之間，所以水平方向洞距有『等距關係』。



(三) 搖籃上的『平行關係』

【研究日期】 2008-01 至 2008-05

【目的】 藉由了解搖籃內的小洞，找出數學上的平行關係

【思考過程】 測量上下兩排小洞連線之間的垂直距離，如果距離是接近或相等，在數學上可看成上下兩排小洞連線有平行關係。

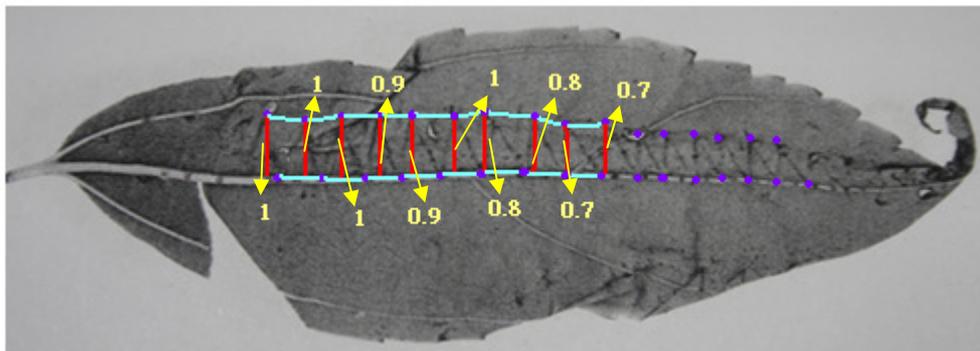
【步驟】 1. **觀察搖籃上的平行關係：** 由下圖得知葉面上上下兩排小洞連線的垂直距離相等，所以上有平行關係。



2. **標示出葉片上的兩排小洞的平行關係：** 同樣影印攤開後的搖籃葉片，再用直尺測量兩排小洞連線之間的垂直距離。

【結果】：

發現上下兩排連線的垂直距離約在 0.7 到 1.0 公分，因此這兩條直線可視為『平行關係』。



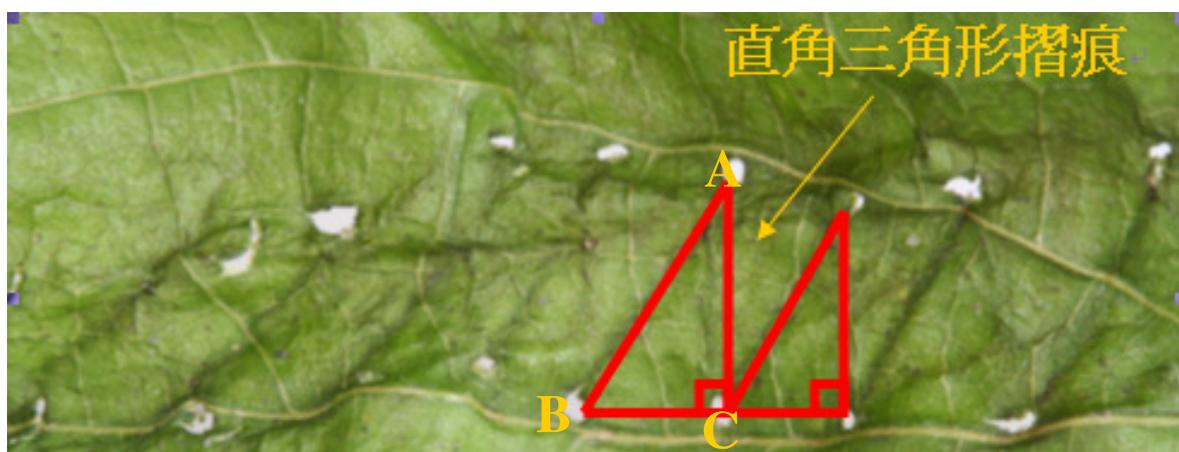
(四) 搖籃上的『直角三角形』

【研究日期】2008-01 至 2008-05

【目的】利用搖籃內的褶痕與小洞，找出數學上的直角三角形關係。

【思考過程】若三角形滿足畢氏定理： $\overline{AC}^2 + \overline{BC}^2 = \overline{AB}^2$ ，則稱為直角三角形。所以測量小洞的距離，若有三角形出現或接近這種關係，可稱為直角三角形或接近直角三角形。

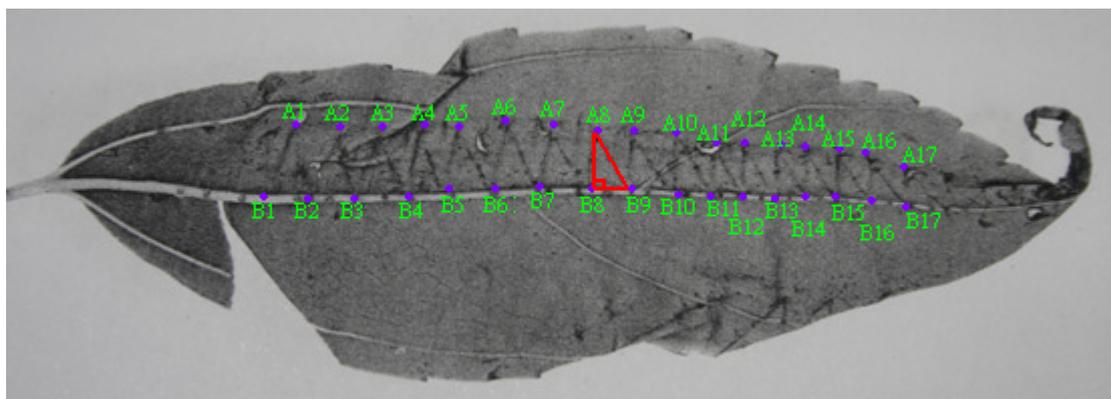
【步驟】1. 觀察搖籃上的直角三角形：從攤開的捲葉中看到主葉脈小洞與上方小洞之間，可以連成了直角三角形，如下圖：



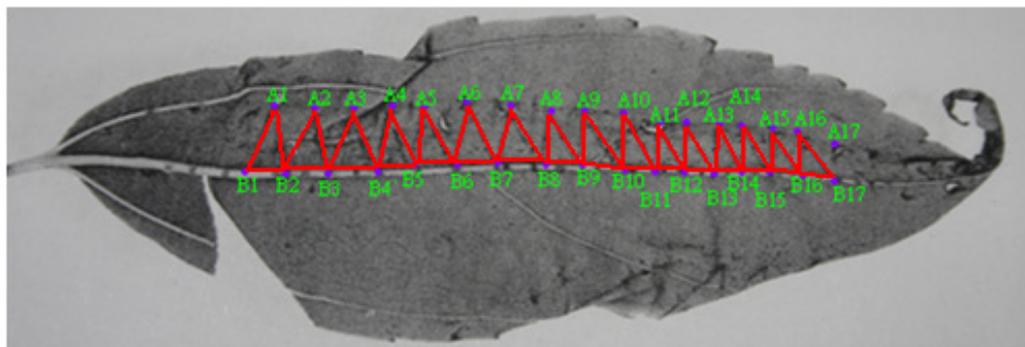
2. 繪出葉片上直角在上與直角在下的直角三角形：將葉片 A8、B8、B9 或是 A8、A9、B9 等各連接成一個上、下三角形，以此類推連接方式，再用畢氏定理計算邊長與量角器測量三角形其中一角是否為直角。

【結果】：

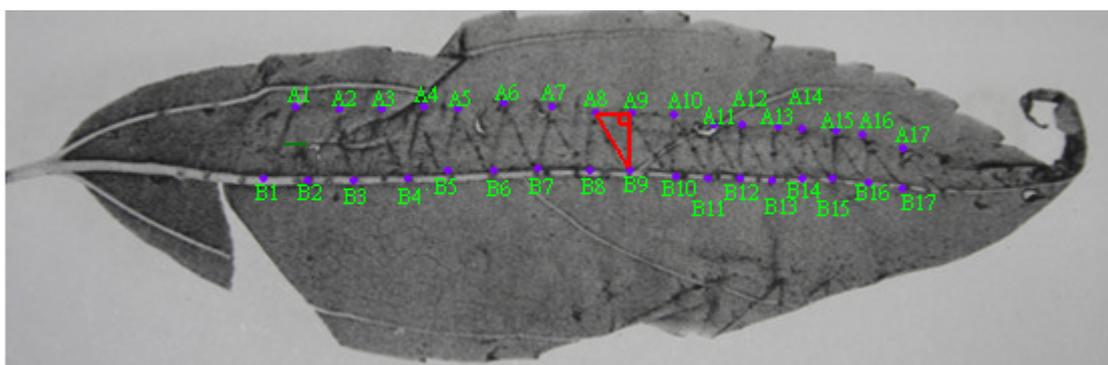
1. 得知三角形 A8、B8、B9 連成一個三角形，邊長分別為 0.4、0.5、0.55 公分，經由畢氏定理計算出的數據與直角三角形間的誤差為 14.10%，因此三角形中的 $\angle B8$ 可視為直角，如下圖。



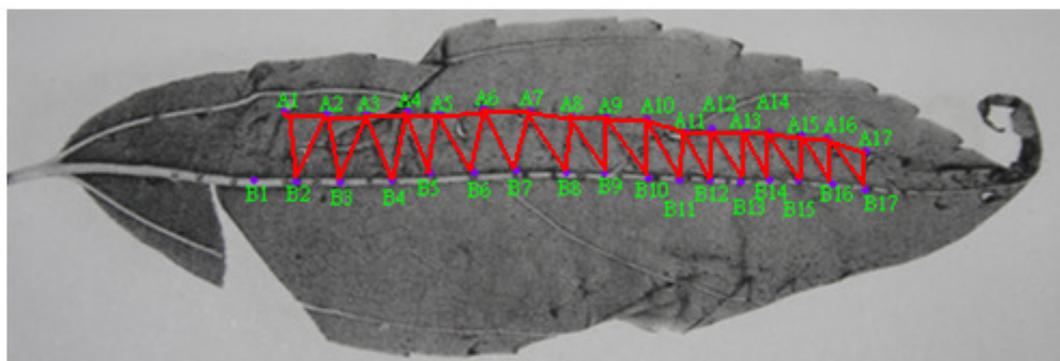
2. 經小洞連接成 16 個三角形，其邊長再由畢氏定理計算出的數據與直角三角形的誤差範圍，幾乎都在 17% 以內（如附錄二），我們將這些三角形視為直角三角形，如下圖。



3. 得知三角形 A8、A9、B9 連接成一個直角三角形，邊長分別為 0.35、0.5、0.6 公分，經由畢氏定理計算出的數據與直角三角形間的誤差為 1.69%，因此三角形中的 $\angle A9$ 可視為直角，如下圖。



4. 經小洞連接成的 16 個三角形，誤差範圍同樣都在 17% 以內（如附錄三），我們將這些三角形視為直角三角形，如下圖。



(五) 搖籃上的『平行四邊形』

【研究日期】2008-01 至 2008-05

【目的】了解搖籃內的褶痕，形成在數學上平行四邊形的關係。

【思考過程】由之前的觀察可知有些四邊形的上下兩個邊幾乎互相平行並等距，這些四邊形在數學上被稱為平行四邊形。

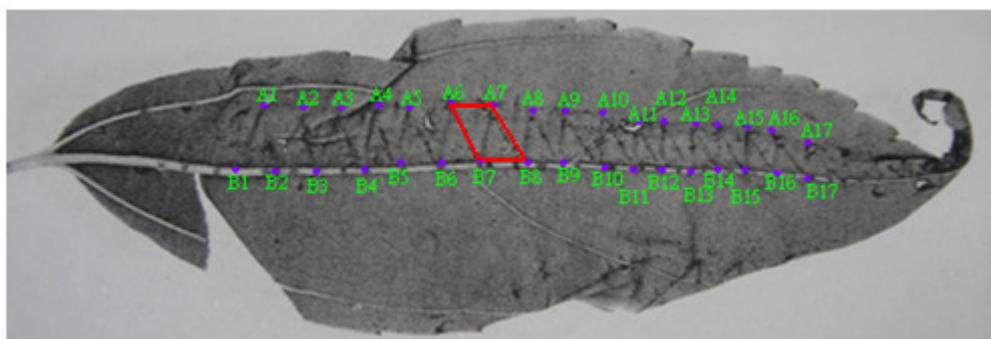
【步驟】1. 觀察搖籃上的平行四邊形：攤開捲葉搖籃，看到主葉脈與上方小洞之間，可以連成了許多平行四邊形，如下圖：



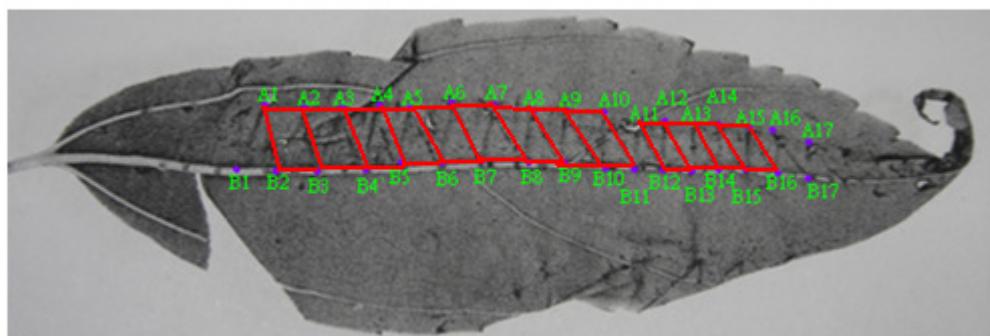
2. 繪出葉片上的所產生的平行四邊形：將葉片 A7、A8、B6、B7 連接成一個平行四邊形，以此類推連接，畫出許多平行四邊形。

【結果】：

1. 連接 A6、A7、B7、B8 四點，可以得到一個平行四邊形，如下圖。



2. 再逐一連接其他葉片上的小洞，可以得到 13 個平行四邊形，如下圖。



研究三、搖籃內的褶痕測量

【研究日期】 2008-01 至 2008-05

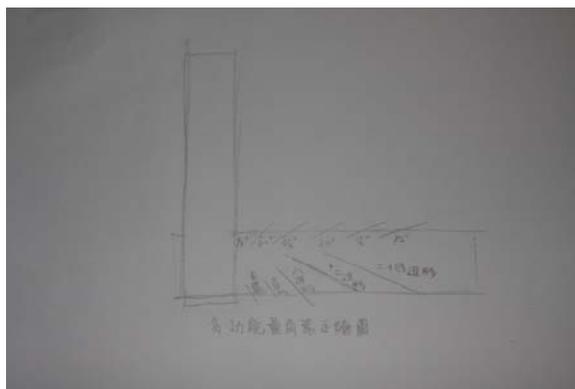
【目的】 製作多功能量角器，來測量搖籃內的褶痕角度。

【思考過程】 製作一組可以同時測量搖籃摺痕的角度與多邊形內角的器具。

【步驟】 1.多功能量角器製作：

- ① 取 2 片長 30 公分、寬 5 公分透明壓克力板，先將兩個長方形紙條重疊，並將一端固定。
- ② 其中下方壓克力板保持不動，緩面移動上方壓克力板，這兩個壓克力板之間出現夾角時，再利用量角器測量夾角度數，使角度呈現出 7.5、15、30、45、120、150、165 度，同時測量五、六、八、十二、二十四邊形的內角。

【結果】：



手繪設計圖



貼上刻度



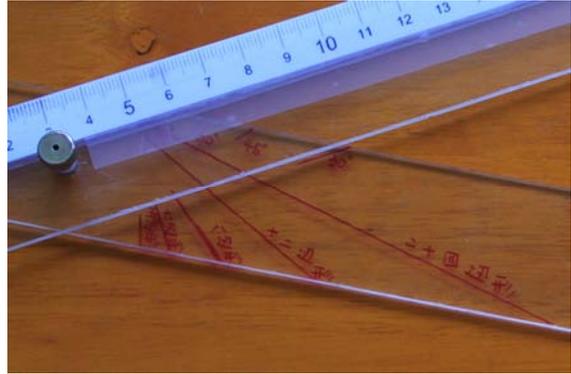
鑽洞



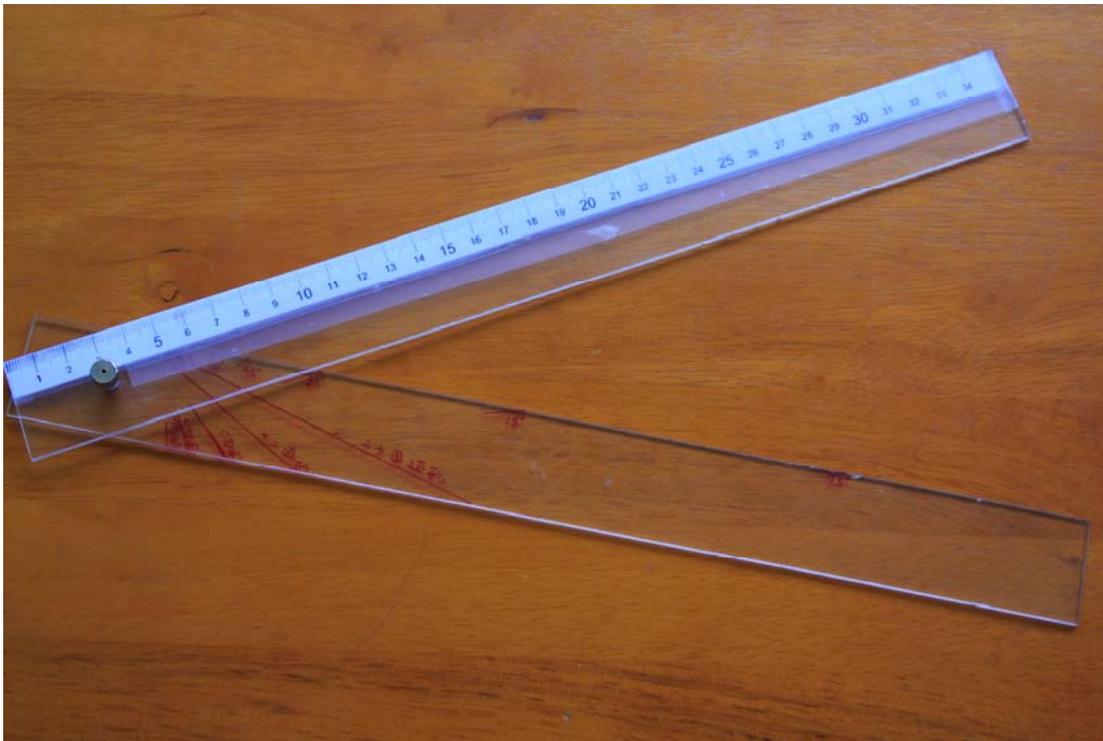
固定



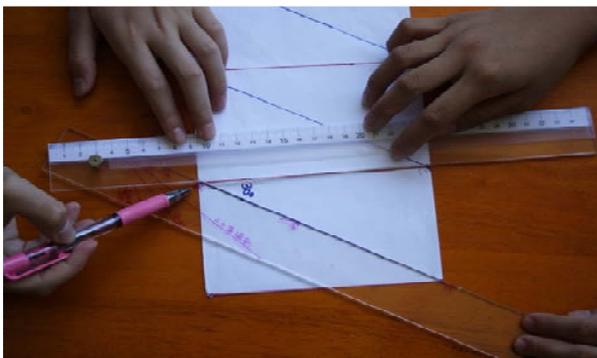
標上角度



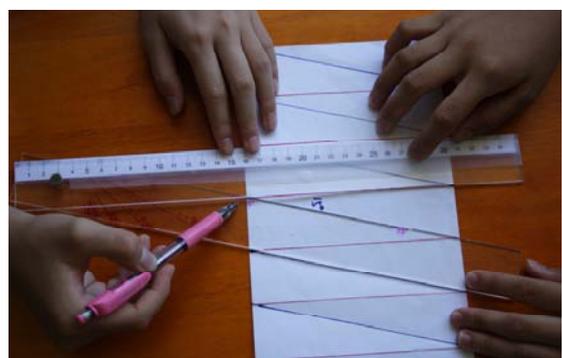
標上邊形內角刻度形狀



多能量角器成品



測量摺痕 30 度角



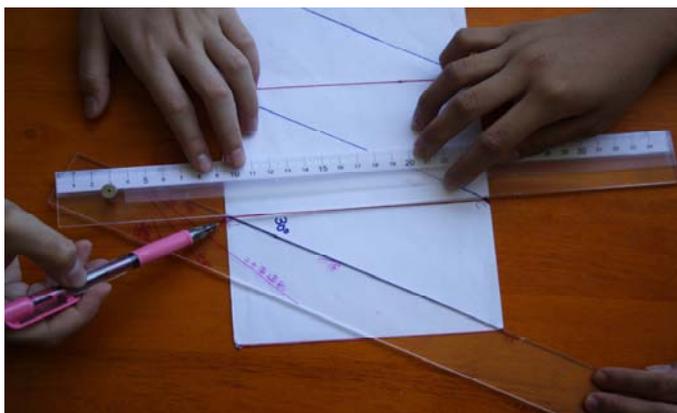
測量摺痕 15 度角

研究四、利用褶痕製作平面與立體搖籃

【研究日期】 2008-01 至 2008-05

【目的】 利用搖籃內的褶痕，製作出姬胡麻斑捲葉象鼻蟲搖籃。

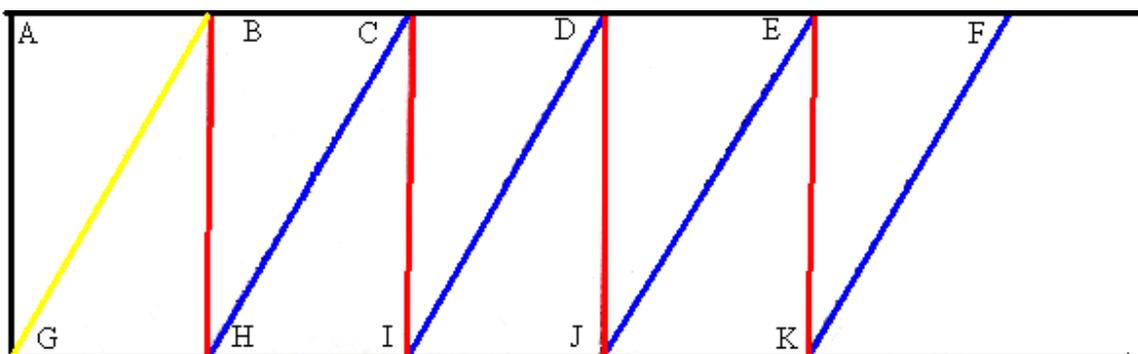
【思考過程】 經由以上的觀察與研究，了解了搖籃內的褶痕有各類數學關係，再使用多能量角器測量出摺痕夾角為 30 度 (如下圖)，因此嘗試用這摺痕製作出姬胡麻斑捲葉象鼻蟲的褶痕與搖籃。



【步驟】

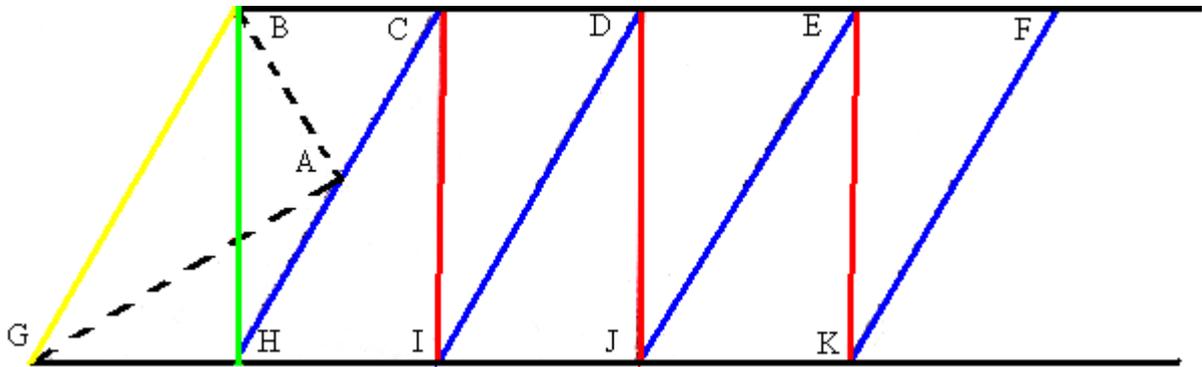
1. **紙上的褶痕：**因為葉片中右半部的每個洞距大約相等，所以利用一段長方形的紙條，在紙邊上取等距離的點，這些點彼此間距離的比例與捲葉上小洞彼此間的距離相同，上、下方各標示英文數字 A~K、如下圖一：

圖一：



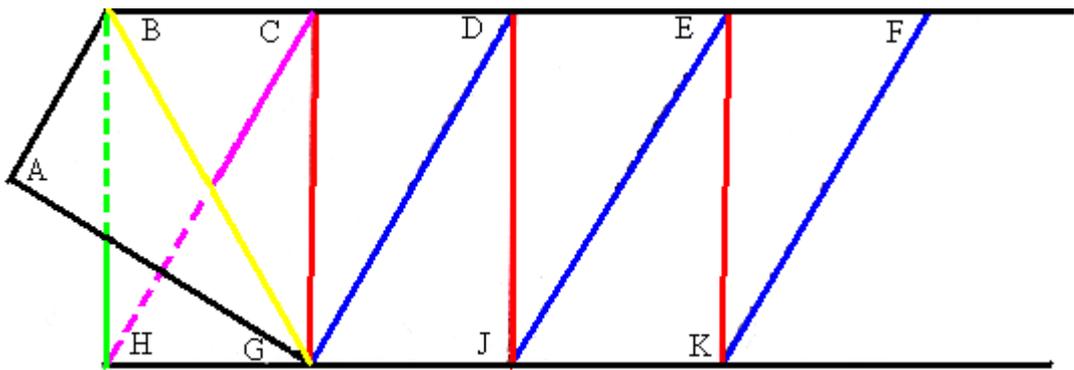
2. 以上圖的 \overline{BG} (黃色線段) 為軸，將 A 點往後摺，得到圖形如下圖二(虛線表示下層，實線表示上層)：

圖二：



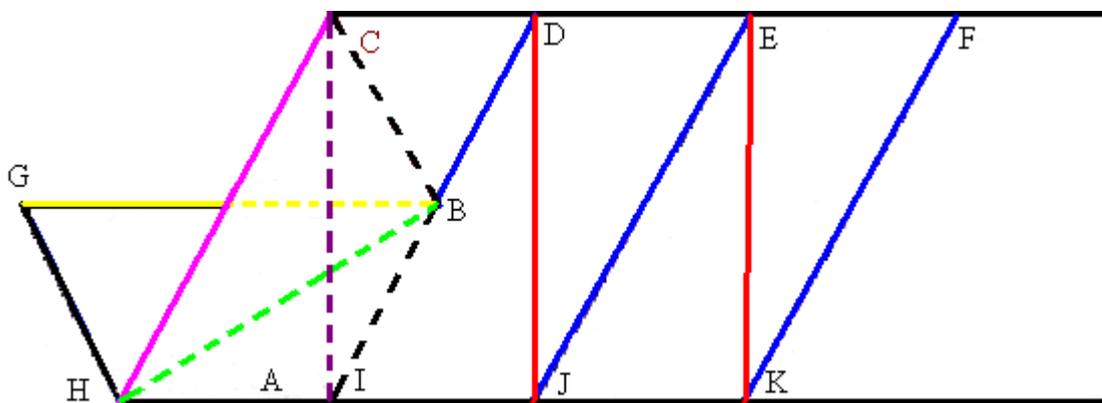
3. 以上圖的 \overline{BH} (綠色線段) 為軸，將 G 點往前摺，得到圖形如下圖三：

圖三：



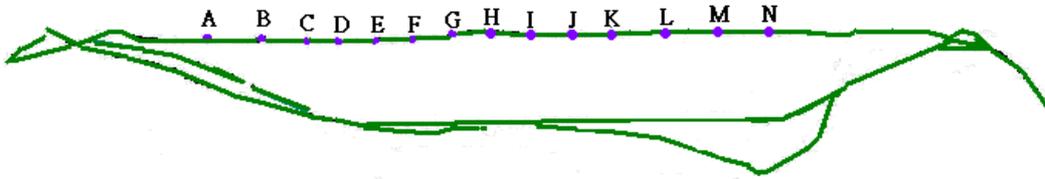
4. 以上圖的 \overline{CH} (紫色線段) 為軸，將 A 點往後摺，得到圖形如下圖四：

圖四：



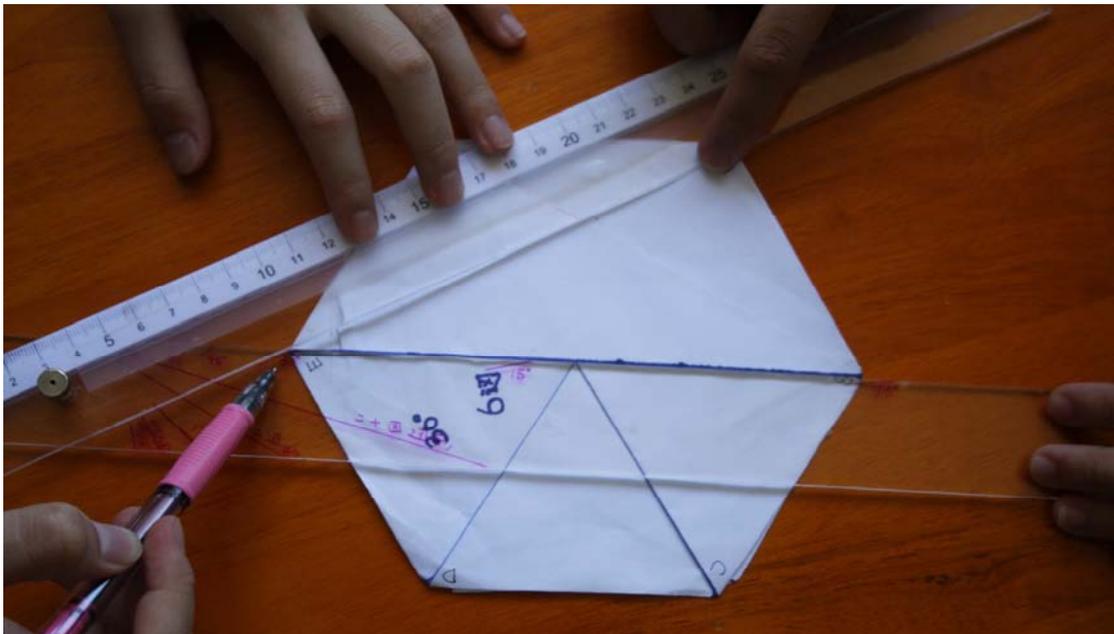
8. **立體搖籃製作**：摺 10 個平面形狀的搖籃，重疊在一起，這是內部搖籃，再依究二探討搖籃上數學的規律中的對稱圖形結果，標上 A~N 數字，並由 A 往 N 的方向捲動，折成一個立體形搖籃，如下圖八。

圖八：

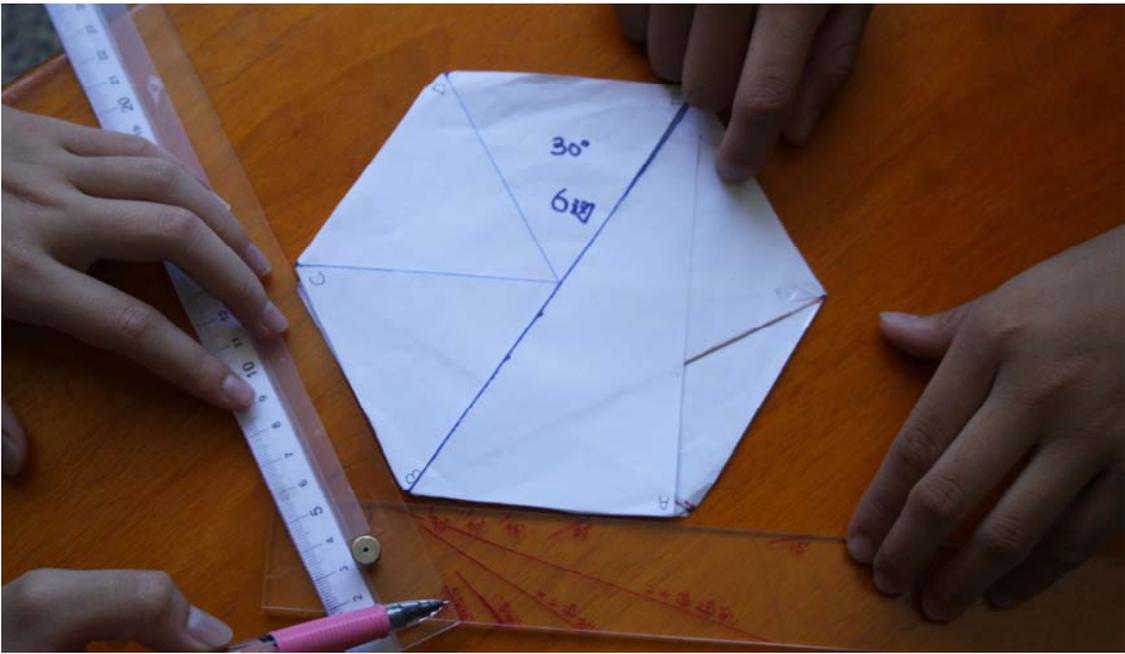


【結果】：

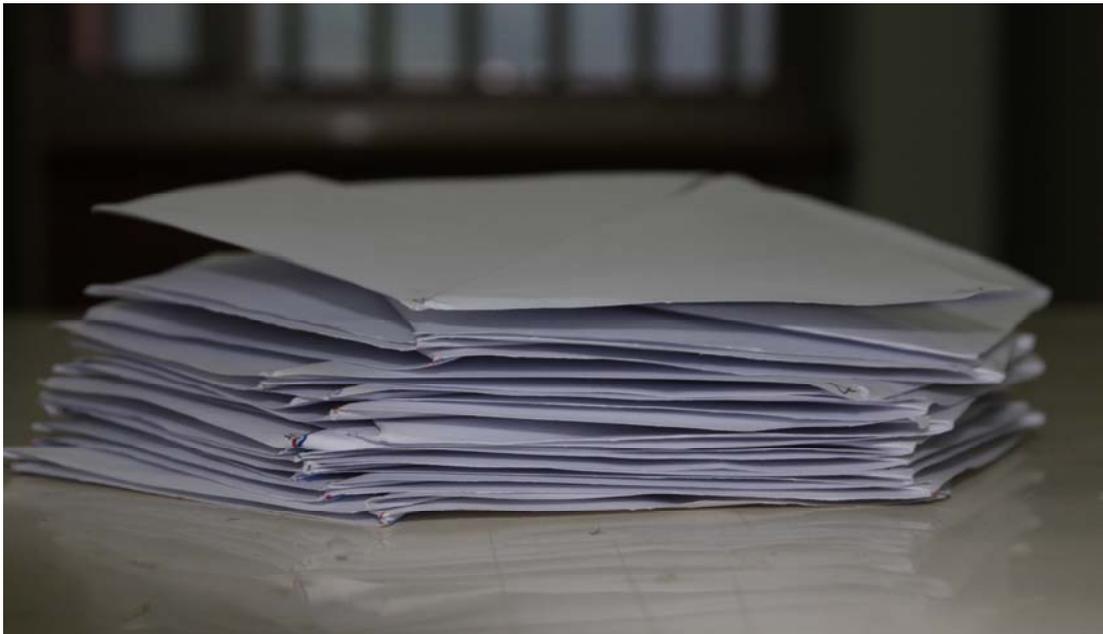
當這個平行四邊形紙條所包含直角三角形的數目大於或等於六，最後摺成一個六邊形圖形，並用多能量角器測量得到下上圖中的六邊形 ABCDEH 每個邊都等長，摺痕是 30 度，而且每個內角都為 120 度，可知這個六邊形是一個正六邊形。如下圖的平面形狀搖籃（附錄四、正六邊形的數學說明）。



摺痕是 30 度



內角是 120 度



10 個平面狀六邊形疊在一起的立體圖



圓柱狀立體搖籃

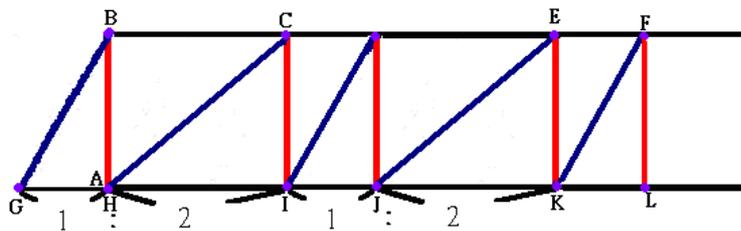
研究五、探討洞距間改變後搖籃的形狀

【研究日期】 2008-01 至 2008-05

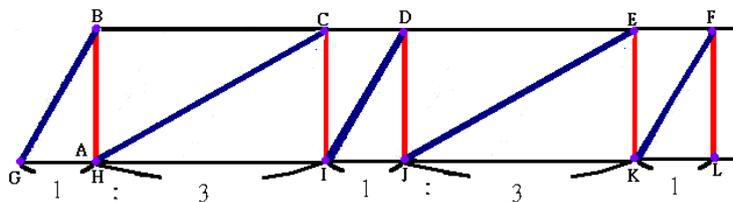
【目的】 想知道洞距間改變後搖籃的形狀。

【思考過程】 如果當葉片上小洞相等洞距間的距離改變了，搖籃會變成什麼形狀？

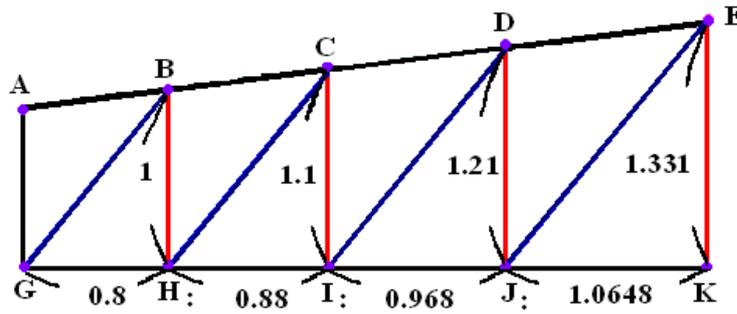
【步驟】 1. 小洞間距改變為『1:2』：將間距調整為『1:2』，再依研究四的製作步驟過程，製作搖籃的形狀。



2. 小洞間距改變為『1:3』：將間距調整為『1:3』，再依研究四的製作步驟過程，製作搖籃的形狀。

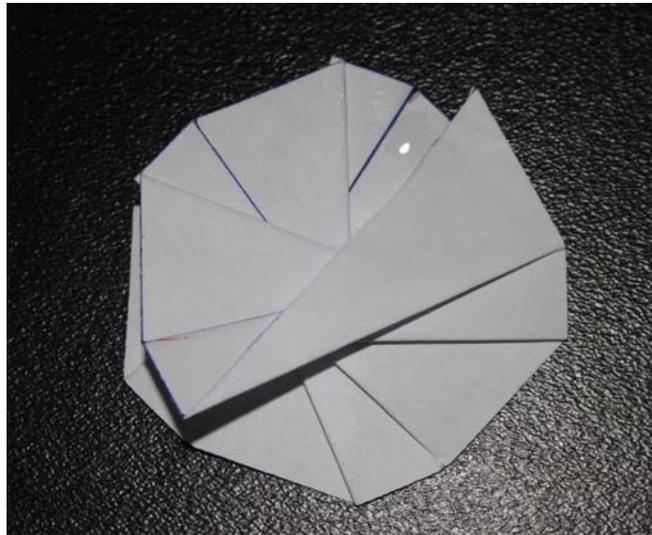


3. 小洞間距改變為等比例增加：將間距調整為等比例增加，再依研究四的製作步驟過程，製作搖籃的形狀。



【結果】：

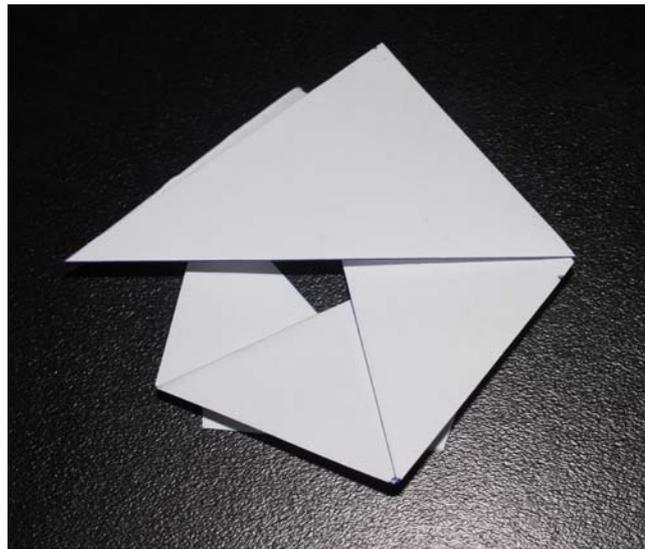
1. 小洞間距為『1：2』的長方形紙條最後將摺成一個不規則的多邊形，如下圖。



2. 小洞間距為『1：3』的長方形紙條最後將摺成一個不規則的多邊形，如下圖。



3. 小洞間距為等比例增加的紙條最後將摺成一個逐漸變大的多邊形，如下圖。

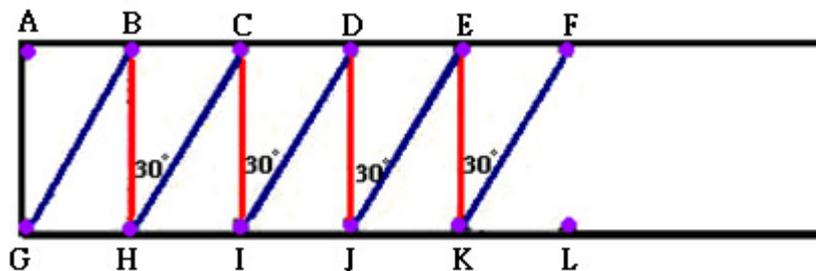


研究六、探討角度改變後的搖籃形狀

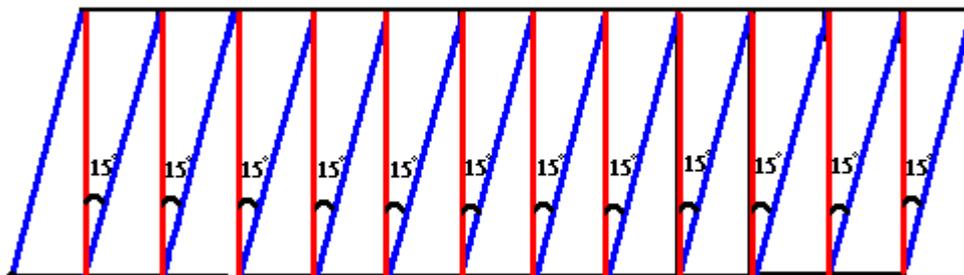
【研究日期】 2008-01 至 2008-05

【目的】 想知道角度間改變後搖籃的形狀。

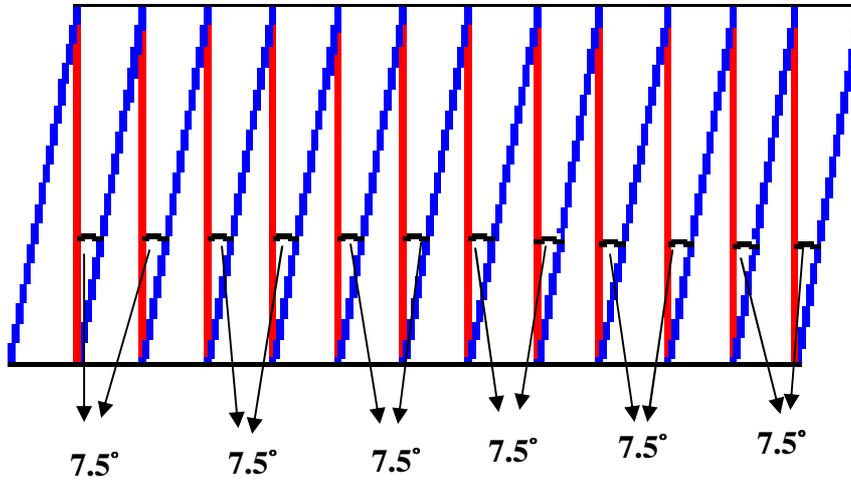
【思考過程】 由象鼻蟲搖籃的摺痕可知：摺痕間的夾角為固定的角度。例如 $\angle BHC = \angle CID = \angle DJE = 30^\circ$ 。於是我們想嘗試改變夾角的度數，當角度改變後，搖籃會變成什麼形狀？



【步驟】 1. 角度改為『15度』：將夾角角度調整為 15 度，再依研究四的製作步驟過程，製作搖籃的形狀。

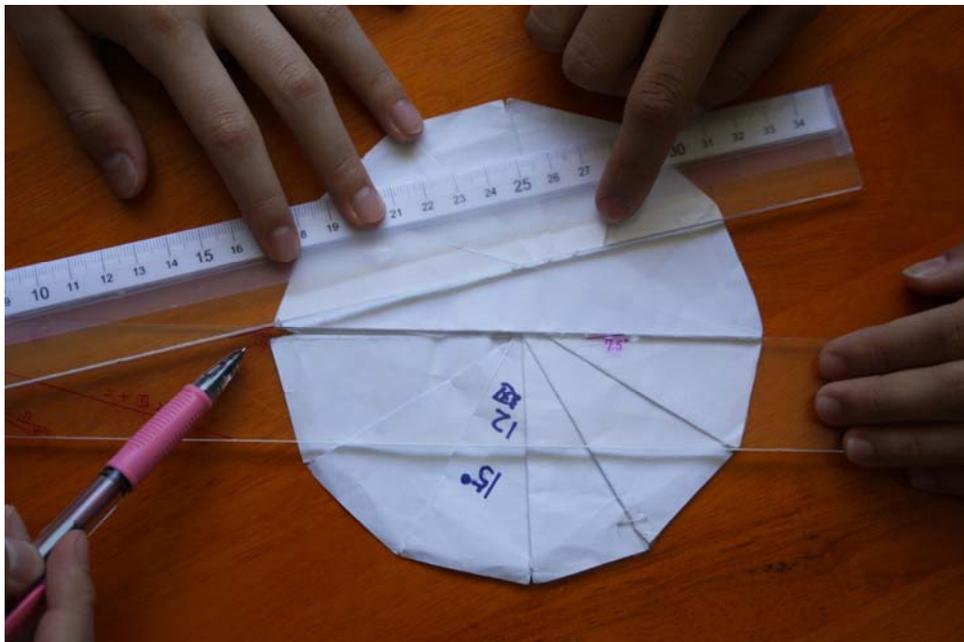


2. 角度改爲『7.5 度』：我們利用數學上角平分線的操做，畫出 7.5 度的夾角。再依研究四的製作步驟過程，製作搖籃的形狀。



【結果】：

1. 當夾角角度爲 15 度時，這個長條形紙條最後摺成一個正 12 邊形，如下圖。

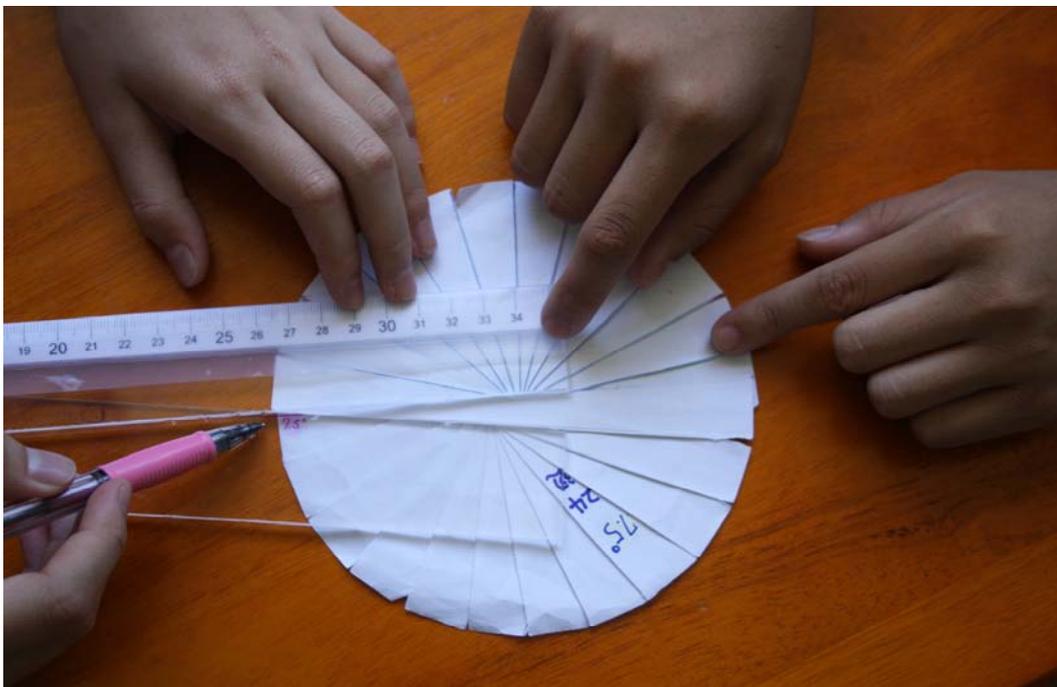


測量 12 邊形的角度，確定是 15 度



12 邊形的內角是 150 度

2.當夾角角度是 7.5 度時，這個長條形紙條最後摺成一個正 24 邊形，如下圖。



測量 24 邊形的角度，確定是 7.5 度



24 邊形的內角是 165 度

伍、討論

1. 姬胡麻斑捲葉象鼻蟲製作搖籃相當的精緻，過程需花上 2~3 個小時之久。研究過程我們參考台灣昆蟲手札、李淳陽教授的昆蟲記、還有網路上的長頸捲葉象鼻蟲產卵築巢記錄，將姬胡麻斑捲葉象鼻蟲製作一個捲葉搖籃過程，一個捲葉上的圈數大約在 9~10 捲之間。另外搖籃的製作是雌蟲所作，雄蟲沒有製作捲葉能力，是否因為雌蟲本身負有傳宗接代任務，或是口器大顎構造的不同，而產生不同的行為，這些問題雖然在本實驗中沒有研究，但未來都可以再進一步來探討。



雄蟲只會吃葉片，不會製作搖籃



葉子上的小孔洞是產卵位置，
於離葉子末端 1.0~2.0mm



剪開捲葉搖籃，內含 9~10 層捲葉

2. 攤開後的捲葉，每一道摺痕都像是有精算過的步驟，如同是一套精密的數學演算公式，我們因而利用數學上的對稱、等距、平行、直角三角形、平行四邊形等規律來探討捲葉的意義，依照這些痕跡完成摺出一個正六邊形，我們推測這個正六邊形應該是平面形的捲葉，由於實驗中的捲葉雖然有 21 個，仍然覺得樣本數似乎不夠多，期盼未來能有更多的捲葉搖籃，增加實驗的精確性。
3. 在搖籃上的『直角三角形』實驗中，第 8 個三角形測得畢氏定理計算出的數據與直角三角形間，有 14.10% 誤差，我們認為是人為測量誤差所造成，因為只要邊長出現 0.1 公分的差距，誤差就會有很大的變化，例如原本邊長是 0.4、0.5、0.55 公分，變成了 0.4、0.4、0.55 公分的邊長，算出的誤差由 14.10% 變成 2.77%，所以我們才會認定 $\angle B8$ 可視為直角。另外在 16 個三角形中有兩個誤差大於 20%，一個誤差為負數，而為何會出現負的誤差值，我們認為當三角形中兩邊的夾角大於 90 度，使實際測量的第三邊長度大於利用畢氏定理算出的第三邊長度所造成的結果。
4. 製作多能量角器的目的，是希望取代量角器功用，可以同時測量摺痕角度與平面多邊形內角的功能，經測量結果，精準率高。
5. 實驗過程中我們心中一直有疑惑？想著如果葉片上洞距或角度改變後，會出現什麼樣的圖形？於是嘗試將小洞間距改變比例，竟得到不規則的多邊形，再將小洞間距變成等比例增加，得到逐漸變大的多邊形。當摺痕夾角角度 = 30° 時，可以摺出正六邊形；摺痕夾角角度 = 15° 時，可以摺出正 12 邊形；當摺痕夾角角度 = 7.5° 時，可以摺出正 24 邊形。因此假設摺痕角度為 x 與正多形邊數為 n ，則 x 與 n 的關係如下表二：

表二：

摺痕角度 x	30°	15°	7.5°
正多邊形邊數 n	6	12	24

可以歸納出下列公式：

$$x \times n = 180 \rightarrow n = \frac{180}{x}$$

另外在摺正多邊形的過程中，因為摺出的正多邊形的越來越接近圓形，這讓我們聯想到可以利用摺紙的方法來求圓周率 π 的近似值，如下列公式：

$$\pi \text{ 的近似值} = \frac{\text{正多邊形周長}}{\text{正多邊形最長對角線長}} = \frac{\text{邊長} \times \text{邊數}}{\text{直徑}}$$

下面分別以摺紙的正多邊形和數學計算等兩種方式求得圓周率 π 的近似值(取到小數點下第四位)，如下表三：

表三：

	正 6 邊形	正 12 邊形	正 24 邊形
邊長(cm)	2.9	1.1	0.75
直徑(cm)	5.8	4.4	5.8
摺紙方法求得 π 的近似值	3	3.	3.1034
以數學計算求得 π 的近似值	3	3.1059	3.1327
摺紙與數學計算的誤差值	0	3.41%	0.94%

所以我們知道可以利用摺紙的方法，將圓周率 π 求到小數點下第一位。在求圓週率 π 時，摺紙與數學計算之間會有誤差產生，我們推測這誤差可能是測量或摺紙時粗心所產生，雖然這個方法出現了些微誤差和邊數越多越不容易摺的缺點，但是實驗過程確有簡單、直接的優點，因為只需測量角度與長度，就可求到 π 的近似值，不需要用到較複雜的數學運算。

陸、結論

1. 觀察姬胡麻斑捲葉象鼻蟲捲葉的過程如表四，60~80 公分的朴樹，捲葉搖籃數量分別是 6~8 個，測量 21 個搖籃得知搖籃越大，葉片越大。

表四：

步驟	意義
①選葉	選擇 7~12 公分的葉片。
②戳洞	記號的標識，是斷絕葉片上水份上的壓力。
③切割	切割出一個類似英文字母 L 形狀缺口，是收尾時的記號。
④整脈	利用 6 隻腳的力量，將葉片開始折壓。
⑤摺尾	這是從葉片的最末端，開始進行捲葉。
⑥捲葉	每捲一圈，就會暫停一下，並做出「壓」的動作，將葉片固定成捲曲狀。
⑦產卵	捲葉到 2~3 層間，咬破葉片，將卵產下。
⑧抱壓	每捲一圈都使用抱住的姿勢，將捲葉用力向內壓，固定形狀。
⑨封口	將搖籃上、下 2 邊缺口封住。
⑩重複步驟抱壓與封口動作	葉片向前捲曲一圈，再一次抱壓固定、頭部頂出摺痕、上壓密封缺口固定，動作直到接近 L 型缺口時準備開始收尾。
⑪收尾	封完缺口就完成一個堅固的搖籃，同時飛離搖籃。

2. 將搖籃攤平後，從葉片上的褶皺痕跡、洞距間的距離，找出了數學上的對稱關係、等距關係、平行關係、直角三角形以及平四邊形等規律，當摺痕夾角角度 = 30° 時，可以摺出正六邊形的平面搖籃與圓柱狀的搖籃。
3. 從摺痕痕跡可以摺出正六邊形平面搖籃，可以利用多功能量角器可以精確測出正六邊形摺痕是 30 度、內角是 120 度。
4. 小洞距間不管是改變為 1 : 2、1 : 3 或等比例增加，會出現不規則的多邊形圖形。
5. 當角度改變為『15 度』及『7.5 度』，分別摺出正 12 邊形圖形與正 24 邊圖形，並將圓周率 π 求到小數點下第一位。

柒、未來展望

進行研究時，摺出來的平面圖形都與我們想的不同，因此我們也不斷的重覆進行實驗確認，對於姬胡麻斑捲葉象鼻蟲的捲葉能力深感佩服。實驗中我們發現，不同種類的捲葉象鼻蟲，會選擇不同的植物製作捲葉，未來可以朝向製作捲葉的構造，例如切割葉片的口器、壓出摺痕的 6 隻腳等特殊器官，進行更深入觀察與研究。

捌、參考資料

1. 國中自然與生活科技 康軒文教事業 第二冊 第四章地球上的生物。
2. 國中數學 南一版第四冊 第二章 簡單的幾何圖形，第四章 平行與四邊形。
3. 國中數學 南一版第三冊 第二章 平方根與勾股定理。
4. 曹亮吉 阿草的數學葫蘆 P119 – 122 遠哲科學教育基金會
5. 李淳陽昆蟲記 http://www.ylib.com/hotsale/dr-lee_bugs/allbk.htm
6. 王怡璇、謝青燕、王國揚、謝子涵 中華民國第 46 屆中小學科學展覽參展作品 大自然的捲葉高手-香蕉弄蝶。
7. 張永仁 昆蟲圖鑑 遠流出版社。
8. 李季篤 台灣昆蟲手札（2）校園昆蟲生態筆記 國立台灣科學教育館。
9. 長頸捲葉象鼻蟲產卵築巢記錄 <http://www.jfps.tpc.edu.tw/k995/001c.htm>

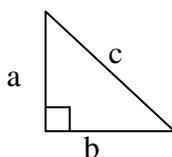
附錄一：搖籃大小與葉片長度間數據

樣數	搖籃長度(公分)	葉片長度(公分)	被啃食
1	2.0	10	
2	1.9	10	
3	2.0	11	
4	1.7	8	
5	1.9	9	
6	2.0	12	
7	1.9	9	
8	2.0	10	
9	2.0	9	
10	2.0	10	
11	1.9	9	
12	2.3	12	
13	2.0	11	
14	1.7	9.5	
15	2.1	11	
16	1.3	7	
17	1.3	7	
18	1.9	9	
19	2.0	10	
20	1.8	9	
21	2.0	10	
22	2.0	6	內部葉片被啃食
23	2.0	7	內部葉片被啃食

附錄二：畢氏定理計算出的數據與直角三角形

（直角在下）的誤差範圍

利用畢氏定理： $a^2 + b^2 = c^2$ ，驗證小洞連接成的三角形是否為直角三角形？並比較這些三角形與直角三角形的差距，也就是理論值與實際值的誤差。

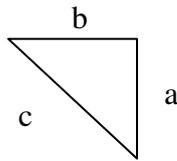


三角形編號	邊長 a	邊長 b	邊長 c	理論值 ($\sqrt{a^2 + b^2}$)	誤差 ($\frac{\sqrt{a^2 + b^2} - c}{\sqrt{a^2 + b^2}}$)
①	0.4	0.6	0.7	0.721110255	2.93%
②	0.5	0.5	0.6	0.707106781	15.15%
③	0.3	0.6	0.5	0.670820393	25.46%
④	0.3	0.6	0.5	0.583095189	14.25%
⑤	0.4	0.6	0.6	0.583095189	-2.90%
⑥	0.4	0.6	0.6	0.721110255	16.79%
⑦	0.4	0.6	0.6	0.721110255	16.79%
⑧	0.4	0.5	0.55	0.640312424	14.10%
⑨	0.4	0.5	0.55	0.640312424	14.10%
⑩	0.3	0.5	0.5	0.583095189	14.25%
⑪	0.3	0.5	0.5	0.583095189	14.25%
⑫	0.3	0.5	0.5	0.583095189	14.25%
⑬	0.3	0.3	0.4	0.424264069	5.72%
⑭	0.3	0.45	0.5	0.583095189	14.25%
⑮	0.3	0.5	0.5	0.583095189	14.25%
⑯	0.4	0.5	0.5	0.640312424	21.91%

附錄三：畢氏定理計算出的數據與直角三角形

(直角在上)的誤差範圍

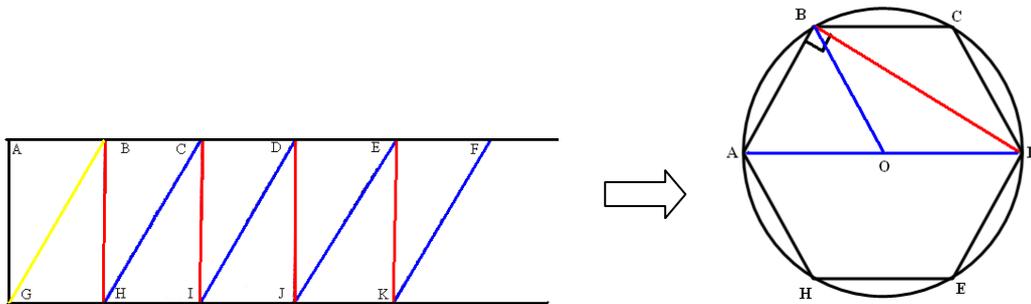
利用畢氏定理： $a^2 + b^2 = c^2$ ，驗證小洞連接成的三角形是否為直角三角形？並比較這些三角形與直角三角形的差距，也就是理論值與實際值的誤差。



三角形編號	邊長 a	邊長 b	邊長 c	理論值 ($\sqrt{a^2 + b^2}$)	誤差 ($\frac{\sqrt{a^2 + b^2} - c}{\sqrt{a^2 + b^2}}$)
①	0.4	0.6	0.6	0.72111	16.79%
②	0.3	0.5	0.6	0.583095	-2.90%
③	0.4	0.6	0.6	0.72111	16.79%
④	0.3	0.6	0.6	0.67082	10.56%
⑤	0.4	0.6	0.6	0.72111	16.79%
⑥	0.3	0.5	0.6	0.583095	-2.90%
⑦	0.3	0.5	0.6	0.583095	-2.90%
⑧	0.35	0.5	0.6	0.610328	1.69%
⑨	0.4	0.5	0.5	0.640312424	21.91%
⑩	0.3	0.4	0.5	0.5	0.00%
⑪	0.2	0.4	0.4	0.447213595	10.56%
⑫	0.3	0.4	0.5	0.5	0.00%
⑬	0.3	0.4	0.5	0.5	0.00%
⑭	0.25	0.4	0.5	0.471699057	-6.00%
⑮	0.3	0.4	0.5	0.5	0.00%
⑯	0.3	0.3	0.5	0.424264069	-17.85%

附錄四、正六邊形的數學說明

利用六邊形的外接圓說明，由長方形紙條折成的六邊形為正六邊形。



在研究四中使用長方形紙條摺成一個平面搖籃，這個平面搖籃是一個六邊形 $ABCDEH$ 。假設這個六邊形的外接圓為圓 O ，由研究二可知 $\angle ABD = 90$ 度，所以 $\angle ABD$ 所對的弧 AHD 為半圓， $\angle ABD$ 所對的 \overline{AD} 為直徑， B 點真的在外接圓 O 的圓周上。同理可知，其他五個點也都在外接圓 O 的圓周上。因為摺痕角度為 30 度，所以 $\angle ADB = 30$ 度。而且 $\angle ADB$ 為弧 AB 的圓周角， $\angle AOB$ 為弧 AB 的圓心角，又因為相同的弧所對的圓心角是圓周角的兩倍，因此 $\angle AOB = 60$ 度。因為摺痕都是 30 度，所以同理可知其他五個弧所對應到的圓心角都是 60 度，進而得知六邊形 $ABCDEH$ 是一個正六邊形。

【評語】 031701

本件作品針對姬胡麻斑捲葉象鼻蟲的捲葉過程，整合出有規則性的數學性狀，並藉此葉面上的性狀來解釋該種象鼻蟲的生物現象，為一件頗具創意的作品。