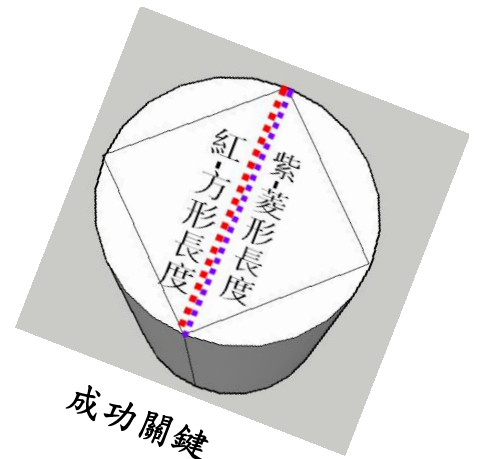
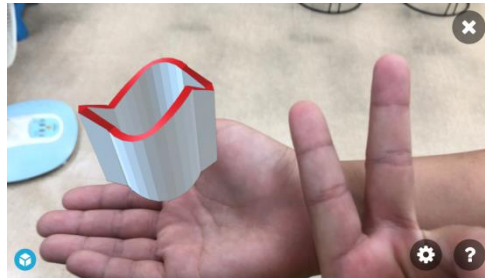
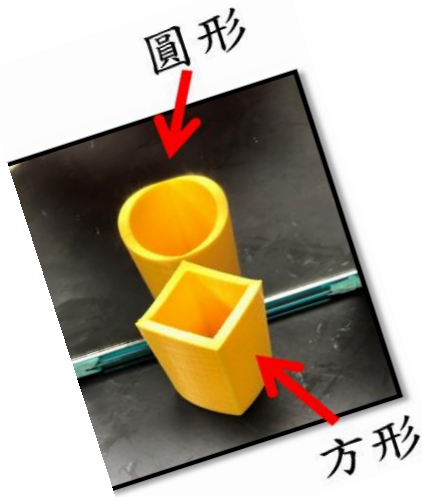
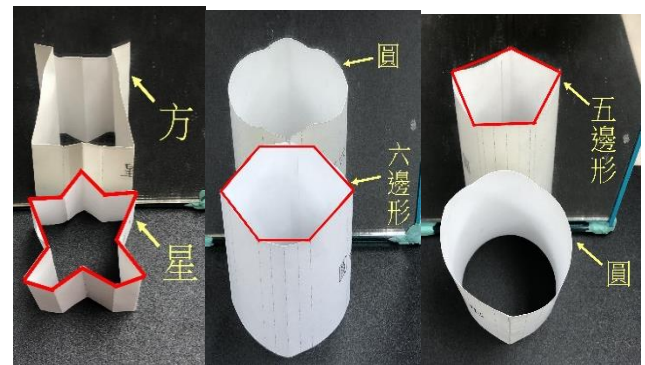


嘉義市第 37 屆中小學科學展覽會作品說明書

以資訊軟體開發「方圓變換杯」之研究



立體模型



紙版模型

科 別：生活應用科(資訊與機電組)

組 別：國小組

關鍵詞：sketchup 軟體、投影重疊、視覺變換

編號：

中 華 民 國 一 〇 八 年 三 月 十 九 日

摘要

方圓杯是二個視線角度下，同一杯子的杯口會產生二種形狀的視覺變換，它的科學原理是利用光具有直線性，從二個方向俯看時，投影在平面上的位置會在不同的點上，所以視覺上就看到不同形狀。本研究使用 123D 及 sketchup 二種資訊軟體都可以成功製作出立體有厚度的方圓杯，但是只有 sketchup 軟體再加上紙藝大師軟體可以製作紙版模型的方圓杯。我們利用內接圓、外接圓加上方形、菱形的四種組合，分析得知，「二個柱體的旋轉中線，如果二個形狀的視角長度是相等的，交集曲線就能連續，就能成功製成二種視角的圖形變換杯。」本研究以此原則製作多種組合的紙版平面圖，可以剪下後黏貼就有變換杯。也製作多重組合及英文字體組合，可應用在模型上，增加視覺樂趣。而且利用 sketchfab app 在手機上可以產生實境 AR 效果。

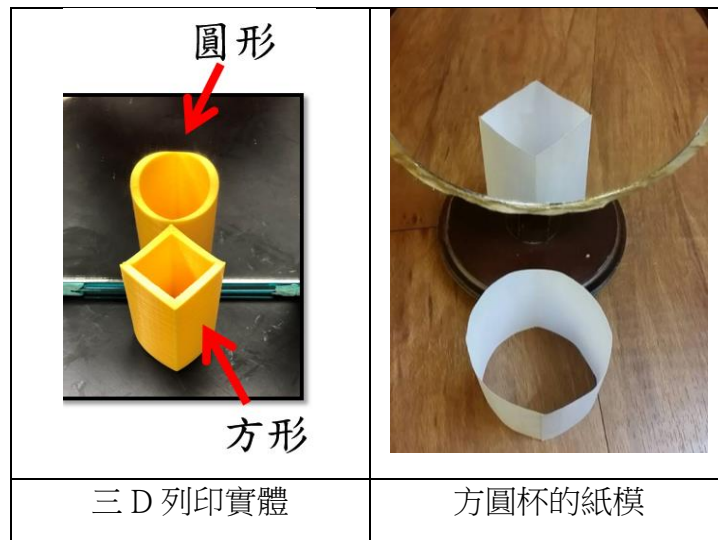
壹、研究動機

「方圓隨身變」是方形模型在鏡子裡變成圓形，如果做成杯子或容器可以製造出二個視角看過去不同的杯子，可以增加生活的樂趣，例如：如果二人在坐在對面位置，桌上的方圓變幻杯，二人看到的杯口形狀會不同，產生趣味性；也可以用來放物品的趣味容器，例如透明杯內放魚，移動容器方向，就能看到容器不同杯口形狀。

我們在國小四年級時(106 年 4 月)以這件作品參加物理科，當時以物理光線的原理來探討，還以積木組裝觀測架來研究不同角度下看到的影像，當時，我們就發現還有許多尚未深入研究，而且那時只會用 123D 軟體製作三 D 列印實體。

這次科展我們想要做出「紙模」以及找出「不同形狀組合成功的關鍵因素」，因此，再利用一年半的時間深入研究，但發現 123D 軟體的限制，因此還請了一位建築師家長來教我們基本的 sketchup 軟體繪圖，也在線上尋求支援，從網路上認識一位香港老師，他會線上教軟體操作的技巧，也會指點我們繪圖時疏忽的小細節，沒有處理這些小細節，就不能成功做出變換杯，感謝所有幫助過我們的人。

我們這次的研究希望能找出這個變換杯製作的關鍵因素以及軟體操作的方法，也開發紙版模型出來，因為這次科展主要使用資訊軟體及三 D 列印，所以報名生活應用科的資訊與機電組。(作品與教材之相關性：南一版四上第三單元光的世界)



貳、研究目的

我們延伸 106 年(二年前)自己的方圓隨身變的科展作品，之前使用 123D 軟體，現在使用較易操作的 sketchup make 軟體，這個軟體可以列印出三 D 的立體實物，我們認為三 D 列印需要很多時間，所以想要發展出紙版的模型，我們付費約 1500 元購買了紙藝大師軟體，可以將繪圖轉變製成紙版的展開圖，只要列印出來，黏貼後就完成方圓杯的紙模了；另外，將檔案上傳到 sketchfab 網站可以有 AR 效果，很有趣。

我們也想探討為何有些圖形可以組合成功，有些不行，其關鍵因素是什麼？因此進行以下研究方向：

研究一：不同繪圖軟體製作「立體」方圓杯的方法

研究五：製作不同形狀的組合

研究二：製作「紙版」方圓杯的方法

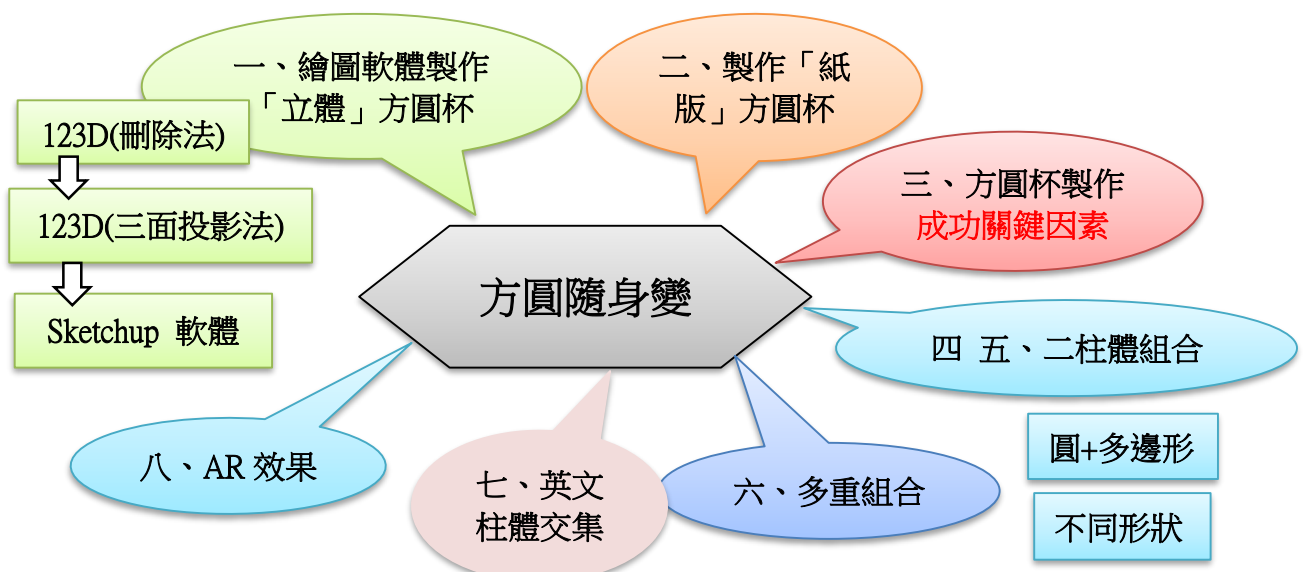
研究六：多重組合

研究三：探討方圓杯製作成功的關鍵因素

研究七：英文柱體交集後對成像的影響

研究四：製作圓+多邊形的組合

研究八：AR 效果



參、研究器材與設備

紙、鏡子、123D 軟體、sketchup 軟體、紙藝大師、3D 列印機。

肆、本作品與 106 年自己作品的差異

106 年我們自己作品的研究內容如下表，主要是分析哪些因素會影響模型在鏡中成像的結果(研究二)，接下來了解利用 123D 軟體製作的方法(研究三)，再接著改變二個柱體左右旋轉的角度發現在 30-45 度之間較佳(108 年的作品就是以旋轉 45 度為主)，以及圓+多邊形的組合(以 123D 軟體製作)。

在 107~108 年之間，我們延伸上面的研究，學習改用 sketchup 軟體發展性更廣，不僅可以 3D 列印出立體模型，還可以繪圖成紙版模型，也找出二柱體能成功組合的關鍵因素。

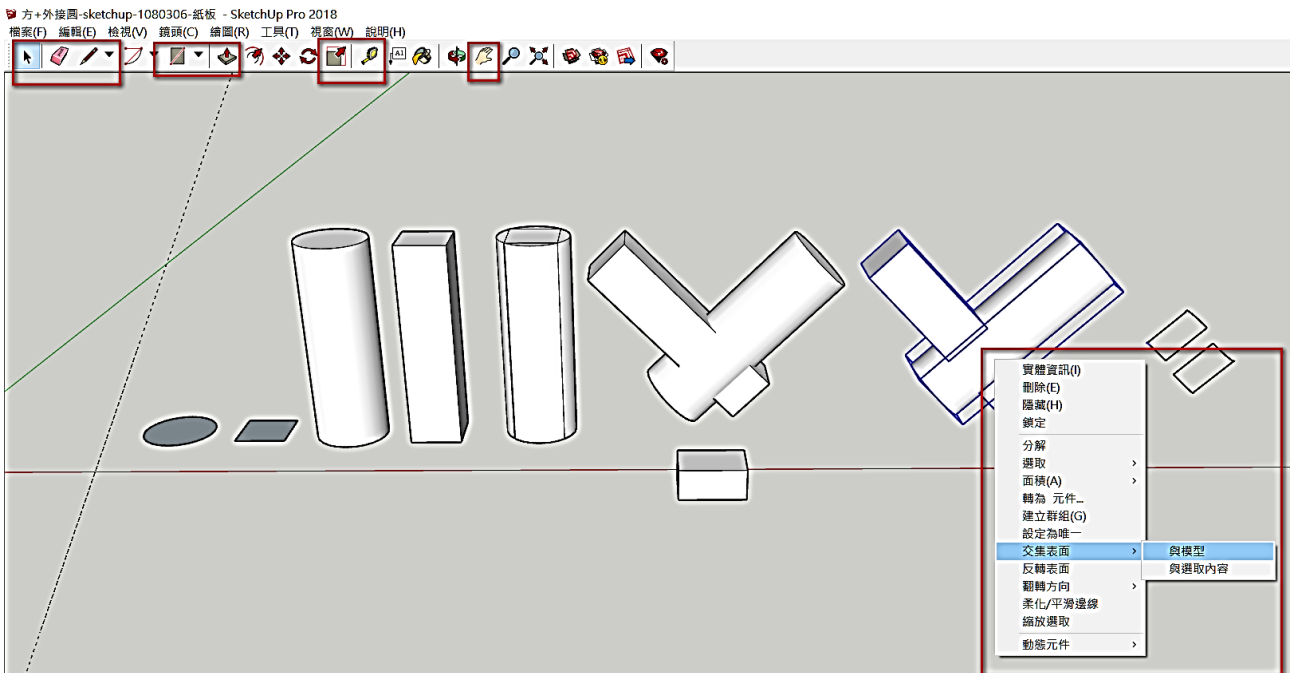
比較項目	104 年我們的舊作品內容	與 108 年新作品的差異
原理分析	二邊視角方向投影於平面，取交集。	
觀測	研究二：實體模型觀測 實驗二-1：俯視角度對模型在鏡中的成像的影響 實驗二-2：鏡子傾斜度對模型在鏡中的成像的影響 實驗二-3：模型距離對鏡中模型變圓可視範圍的影響 實驗二-4：紙版模型對角線長度對鏡中模型變圓的影響	
軟體製作模型	123D 軟體的製作方法(以刪除方法去除內圍線，但不易刪乾淨。)	1. 123D 軟體改用三面投影曲線方法 2. sketchup 軟體
二柱體成功組合因素	無	二柱體旋轉中線長度相等
二柱體組合	柱體旋轉角度(方+圓各往左右轉 15、30、...、75 度)	
	柱體形狀(圓+多邊形)	愛心+方 愛心+五邊形
紙版模型	無	使用軟體發展紙模

伍、軟體操作功能鍵

常用的功能鍵如下面的紅色方框，操作上並不難，只要熟悉就好；最重要的就是利用「交集」的功能。

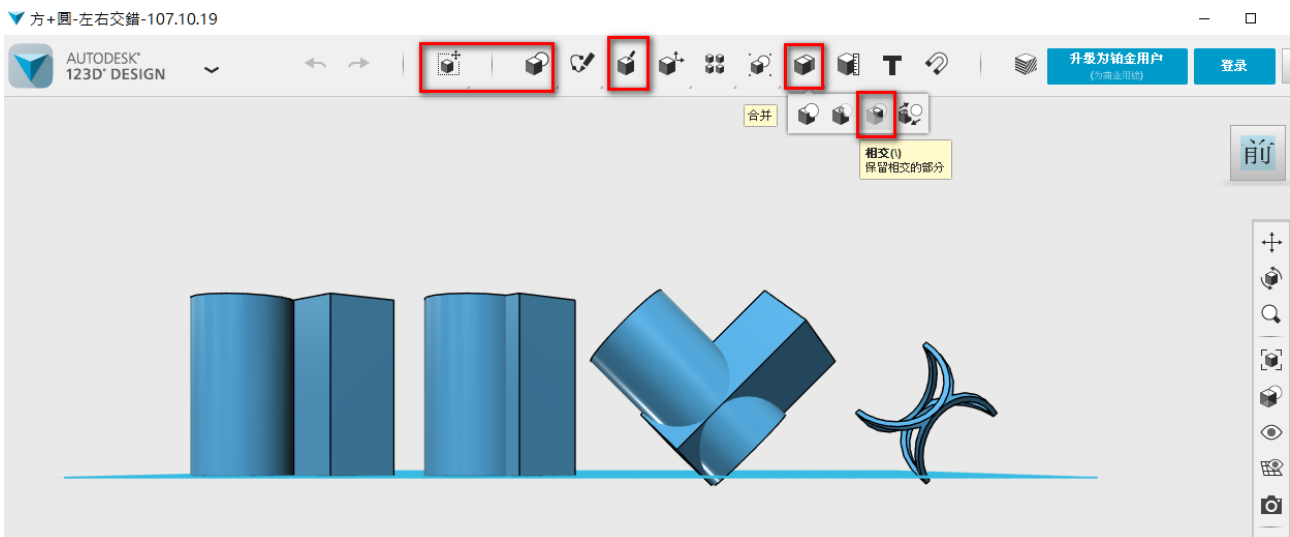
一、sketch up 軟體

1. 選取
2. 橡皮擦
3. 畫筆
4. 形狀
5. 推/拉
6. 比例
7. 捲尺
8. 平移
9. 交集功能



二、123D 軟體

1. 選取
2. 畫筆
3. 形狀
4. 推/拉
5. 比例
6. 對齊
7. 平移
8. 交集功能



陸、研究過程與討論

一、從科學原理找出繪圖方法

因為光具有直線性，所以從 PQ 二個方向俯看，投影在平面上的位置會在不同的點：

- 1.由圖 1，P 點位置時：俯視看到 O1 點時，會投影在 P1 點上；Q 點位置時：往下看到 O1 點時，會投影在 Q1 點上。這代表 O1 點在不同視角下，會在不同的位置。
- 2.想像空中有一條曲線(圖 2)，上面有無數個 O1 點、O2 點、...，這些點形成一條曲線。也就是藍色、紅色的虛線交點會構成曲線，即是方圓杯模型的上方曲線。
- 3.不同視角看這些曲線上的點，就會投影在不同的位置，如果視角是紫色線的方向，無數個 P 點落在直線上(圖 3)；如果視角是紅色線方向，無數個 Q 點落在在圓線上(圖 4)。

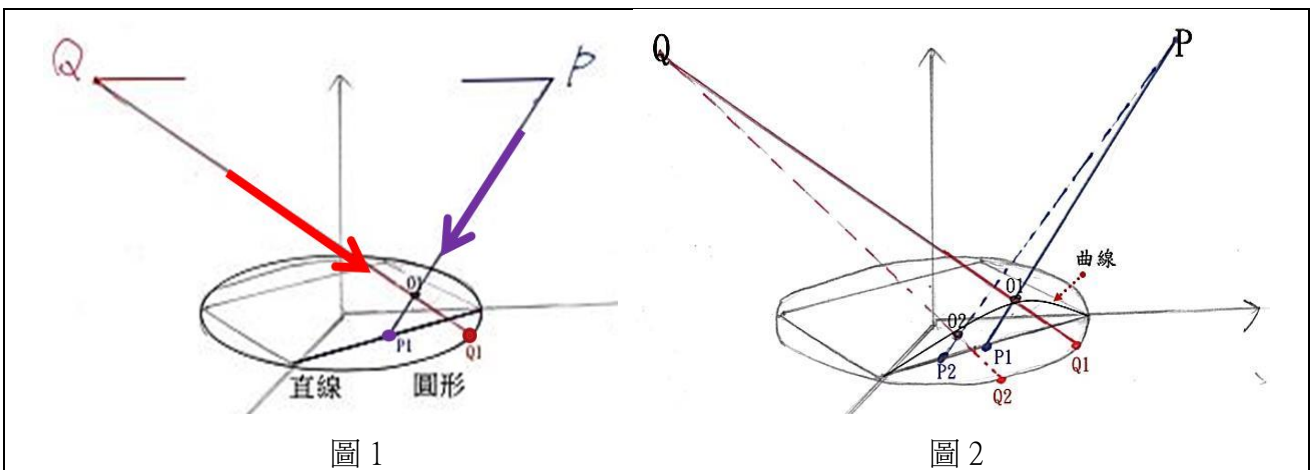


圖 1

圖 2

PQ 二個不同方向往下看，投影在平面上，一邊是圓形，另一邊是方形，所有的 O1 點、O2 點、...、交集的點就形成方圓杯的杯口曲線。

- 由此發現，要應用繪圖軟體的交集功能，就能得到杯口曲線。
- P、Q 二個不同視角俯看，由此發現二個柱體要以不同方向旋轉。

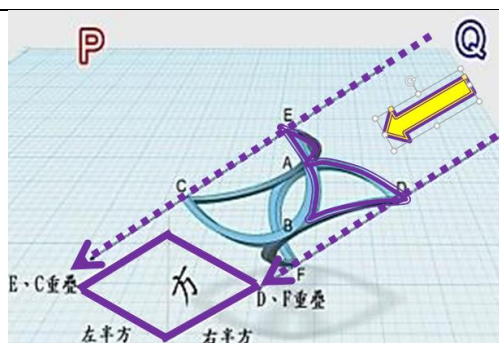


圖 3

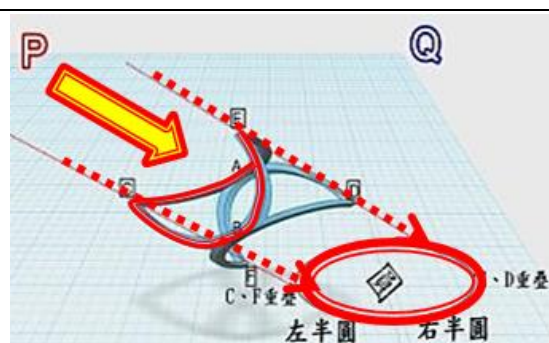


圖 4

繪圖結果：不同視角看到杯口在平面上的投影分別是方形、圓形。

二、研究一：不同繪圖軟體製作「立體」方圓杯的方法

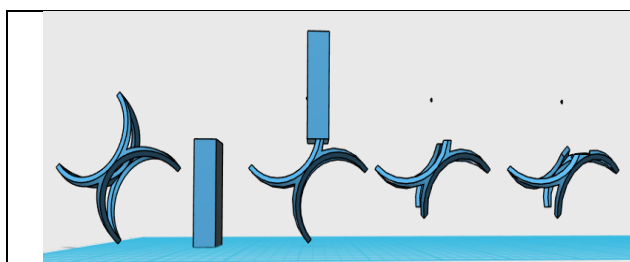
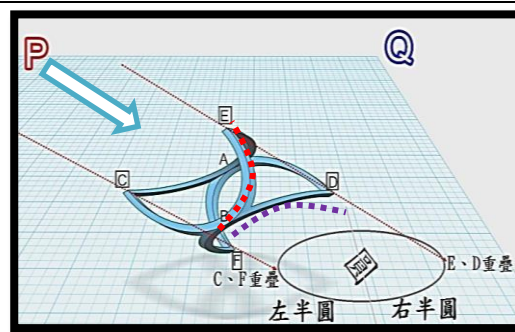
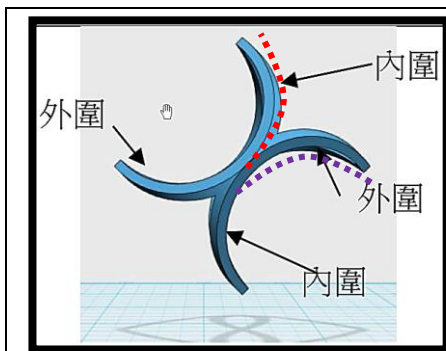
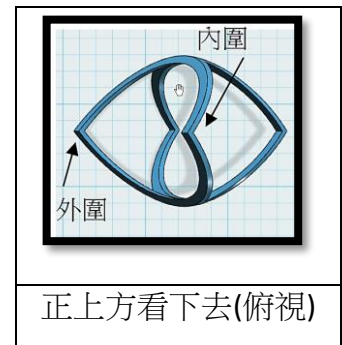
(一) 106 年時使用 123D 軟體的方法(刪除法)

106 年(二年前)的科展，我們當時四年級就已經使用 123D 軟體來製作方圓杯，但當時就發現二個缺點：

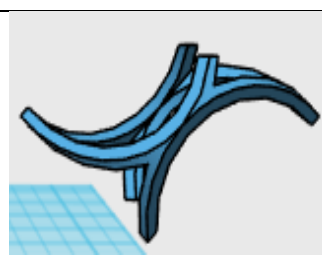
1.刪除內圍曲線：不容易刪乾淨。

(1)得到交集曲線，我們將曲線分為外圍及內圍。

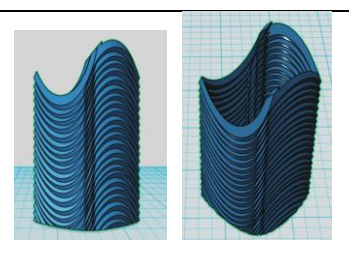
(2)視線俯視時，內圍及外圍曲線是重疊的，二條都可以讓眼睛看到圓或方，例如：從 P 的角度看過去，視線落在平面上是圓形，這個時候，紅色內圍線和紫色外圍線是重疊的。因為內圍曲線過於陡，而外圍曲線較平緩，所以決定留下外圍曲線。



用 123D 刪除內圍曲線的歷程圖，要逐步刪除內圍線。



刪除內圍曲線，不易刪乾淨。



層層疊高變成杯子，杯身的曲線會凹凸不平

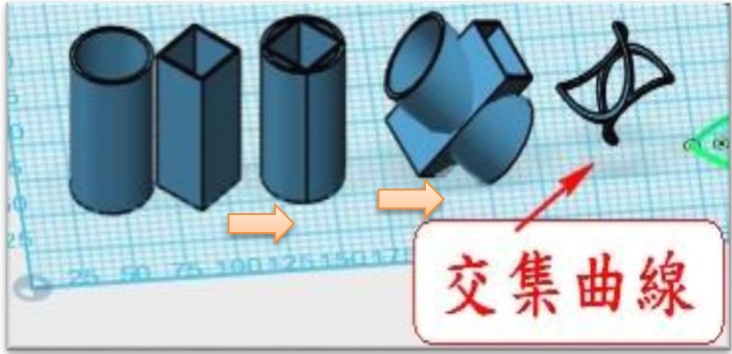
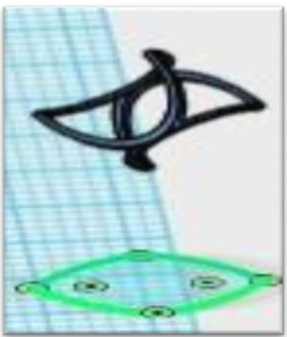
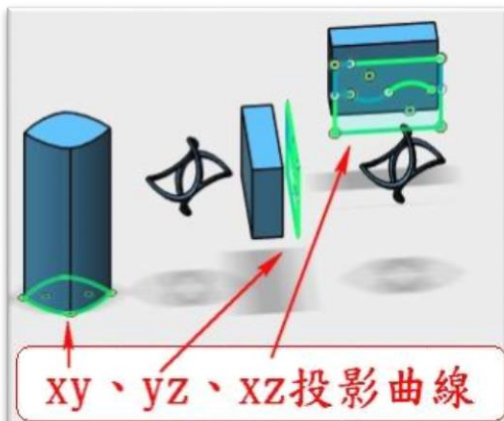
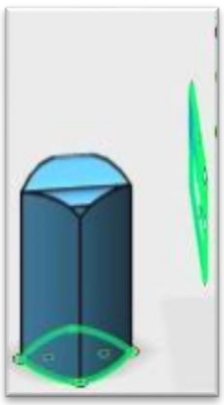
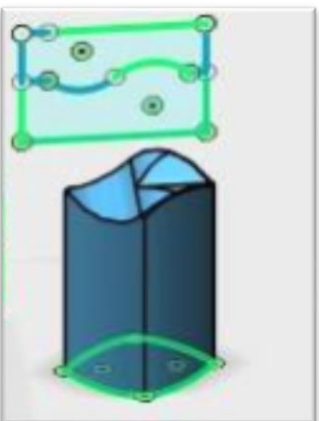
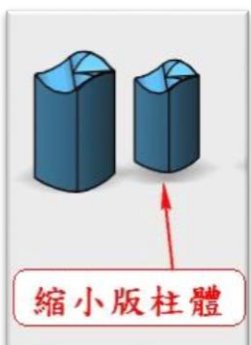
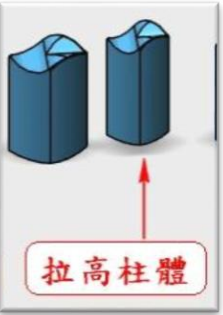
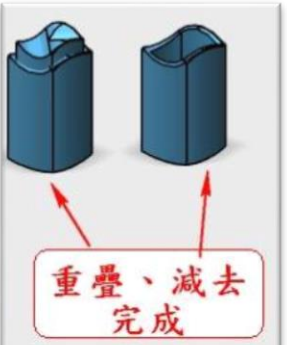
2.杯身要層層疊高

得到外圍杯口的曲線後，還要一層一層疊高變成杯子，杯身的曲線會凹凸不平；我們曾經試著用「拉伸」功能，但發現，杯口的曲線會變形，在 106 年時只能用堆疊方法疊成杯子。

以上是 106 年科展時使用 123D 軟體的製作方法，較複雜也不易學習，耗費的時間較多。

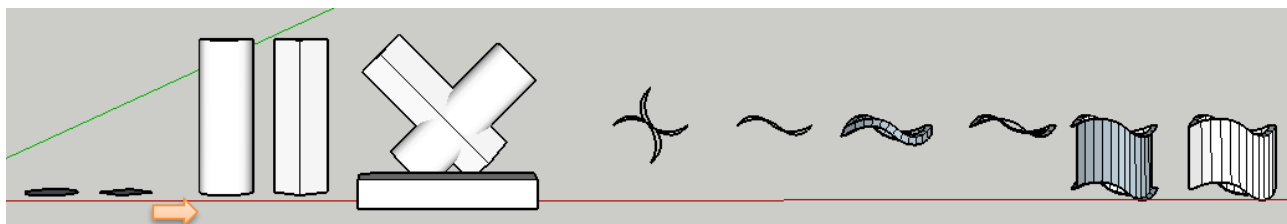
108年，我們使用過二種軟體來製作方圓杯，各有優缺點，以下以方柱及圓柱交集為例，製作方法如下：

(二)108年第一代：123D 軟體(使用三面曲線投影方法)

		
<p>1.先做出高70公分、寬40公分的方柱，對齊後互相旋轉45度，做出交集曲線。</p>	<p>2.用「投影」找出外圍線。</p>	
		
<p>(3)以xy投影曲線往上拉出柱體，並連續做出上下前後左右的投影線。 ①上而下的投影得到xy平面的投影線 ②前而後的投影得到xz平面的投影線 ③右而左的投影得到yz平面的投影線</p>	<p>(4)以 yz 投影曲線拉出柱體，對齊並削掉 xy 柱體。</p>	<p>(5)以 xz 投影曲線拉出柱體，對齊並削掉 xy 柱體。</p>
		
<p>(4)複製柱體，再做出縮小版的柱體。</p>	<p>(5)將縮小版的柱體拉高。</p>	<p>(6)柱體重疊、減去就完成中空的杯體了。</p>

(二)Sketchup 軟體

1.操作步驟



詳細步驟說明如下：

(1)製作圓形直徑=菱形對角線=7cm、拉高柱體高度=20cm。 (2)二柱體交疊對齊後，拉一個長方體當作基準，方形柱體垂直面向左旋轉 45 度，圓形柱體垂直面向右旋轉 45 度，取得交集後的曲線。
(3)刪除內圍線，再利用路徑跟隨的功能，可把外圍線加粗。
(4) 保留上層平面，複製之後用線條拉伸連接內外層上下平面，刪除連接內外層的累贅，讓模型內外層之間的空間變成空心的，減少 3D 列印需

(三)比較

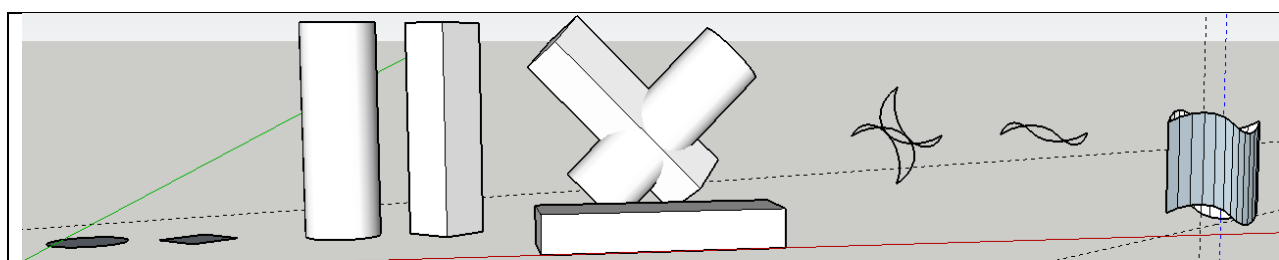
我們整理優缺點在下表中，綜合整理之後，決定以 Sketchup 軟體的功能較多，整體效用較廣。

比較項目	123D 軟體	Sketchup 軟體
軟體難易度	適中	簡單
步驟	三面投影，很麻煩。	使用「線條拉伸」，較簡單。
調整模型大小	方便	快
速度	慢	快
立體或平面	只能做立體模型	立體及紙版模型都可以做

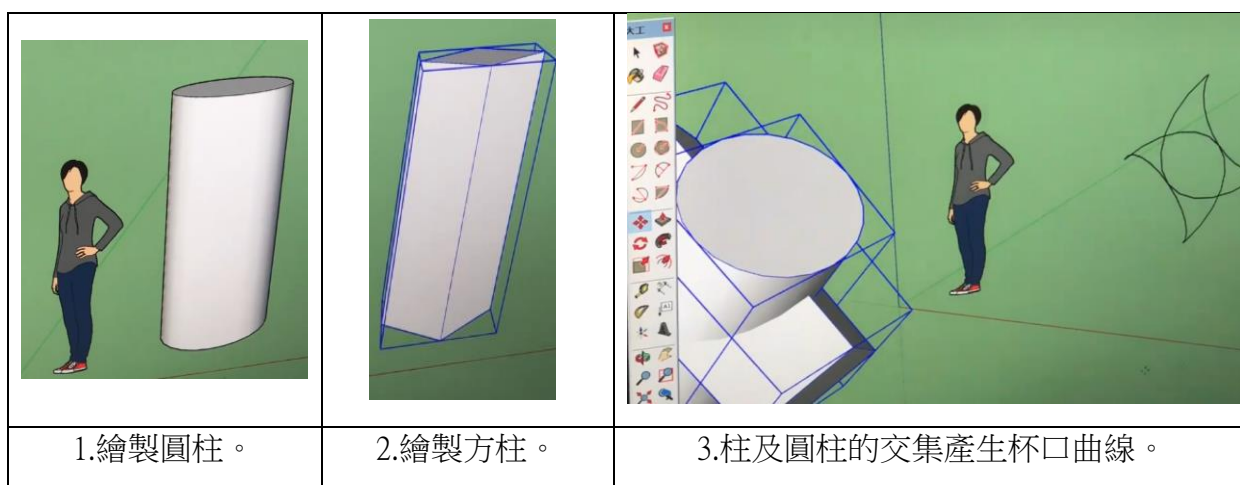
三、研究二：軟體製作「紙版」方圓杯的方法

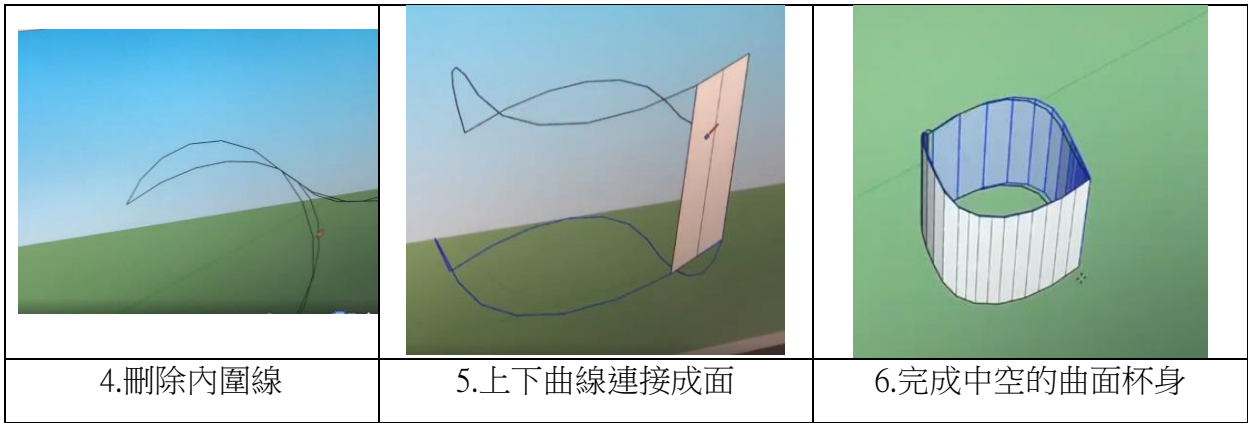
因為紙版是平面的，123D 做出的模型是「立體」的，123D 軟體只能製作立體模型，所以只能用 Sketchup 軟體製作平面的「紙模型」；Sketchup 軟體繪製完成方圓杯時，需要另外紙藝大師軟體(我們已付費購買正版)，利用它就可以切成紙版模型的「展開圖」，只要列印紙張出來，折一折黏一黏就變成立體的「中空無底的方圓杯」。製作方法如下：

(一)先用 Sketchup 軟體繪製出方圓杯

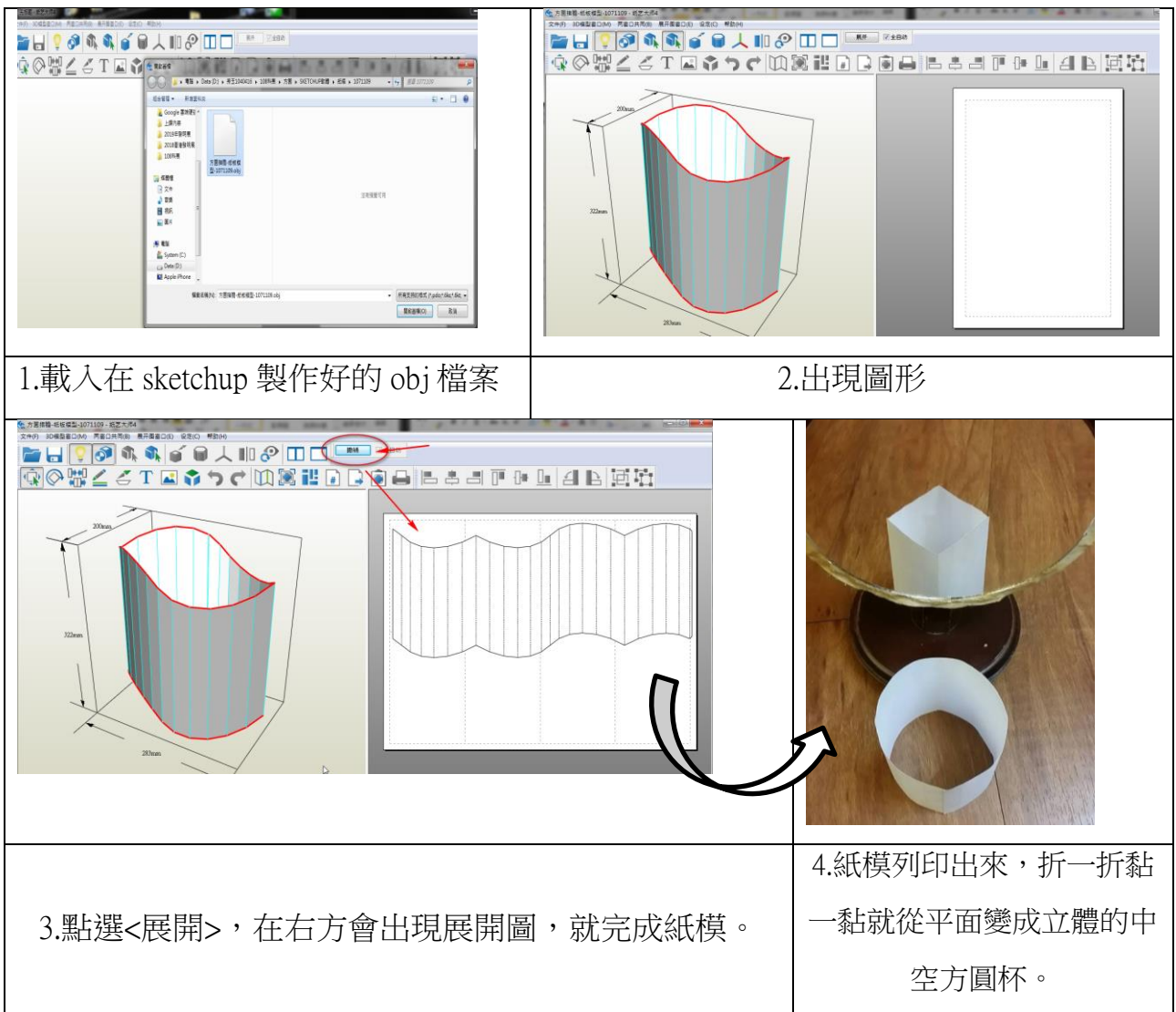


製作流程圖，由左而右。





(二) 使紙藝大師軟體將方圓杯變成平面的「展開圖」

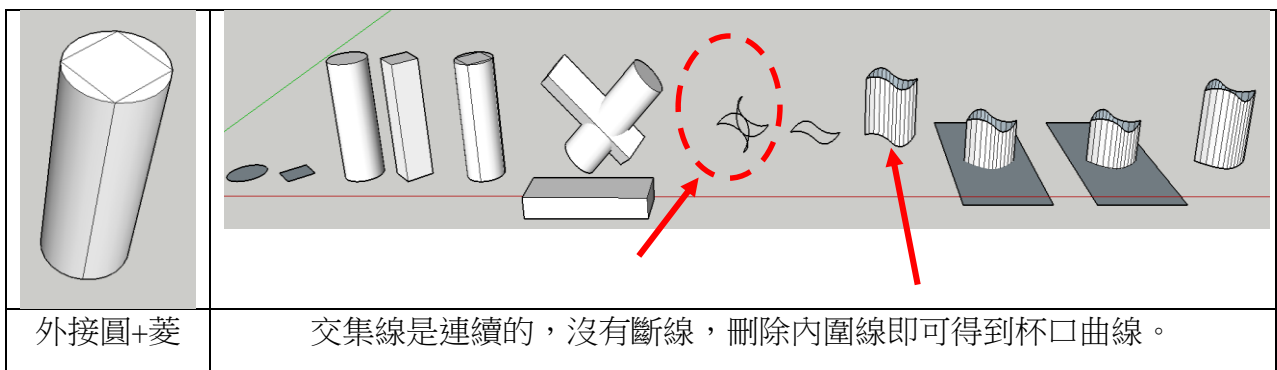


四、研究三:探討方圓杯製作成功的關鍵因素

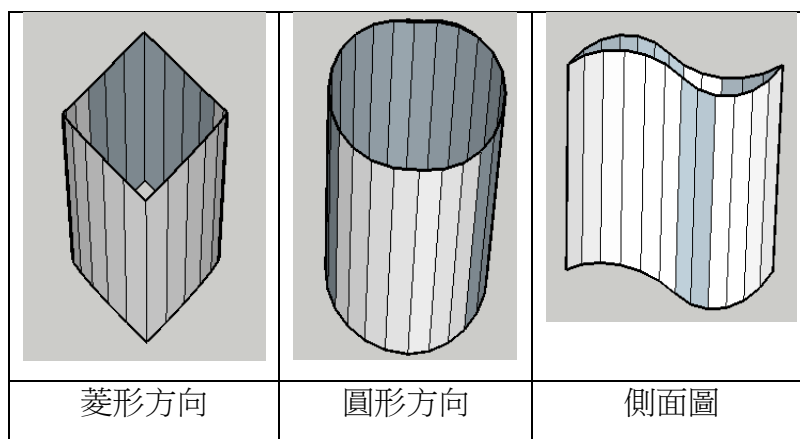
在以上成功的方圓杯是用外接圓+菱形組合而成的，但是我們想到，方形可以調整成「正方形」或「菱形」，圓形可以調整成「內接圓」或「外接圓」，我們想要進行以上方形與圓形的組合，針對這四種組合，是否皆可成功製作出方圓杯？什麼關鍵因素使方圓杯可以製作成功？

(一)外接圓+菱形：方柱及圓柱交集線條是連續不斷的線，才可成功製成方圓杯。

1.製作流程：

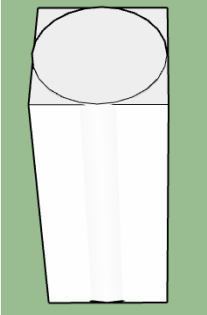
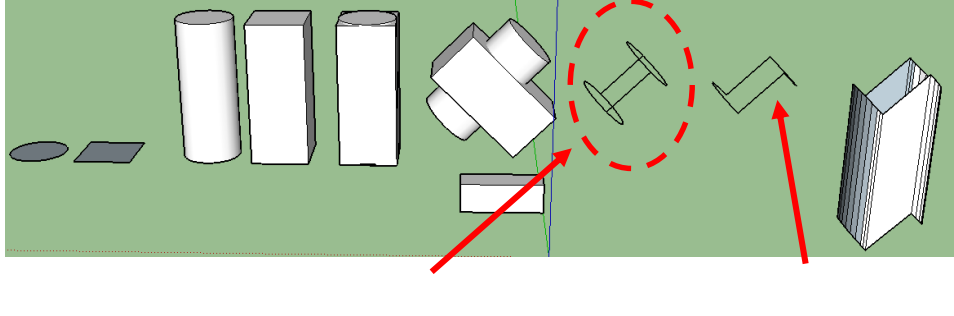


2.結果

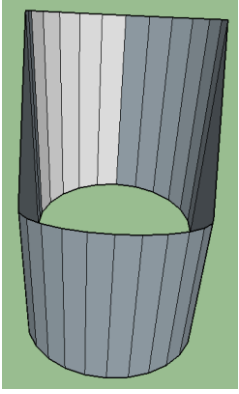
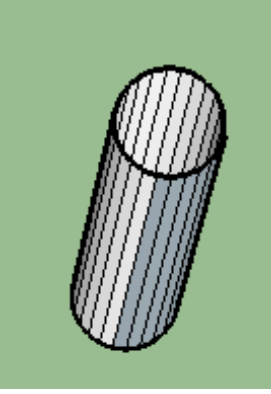
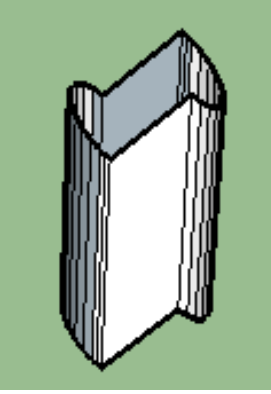
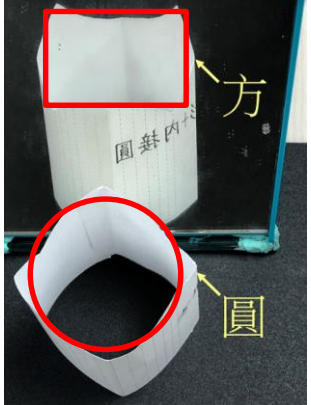


(二)內接圓+方形：方柱及圓柱的交集線條是連續不斷的線，可成功製成方圓杯。

1.製作流程

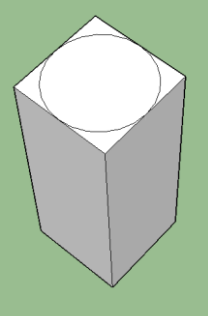
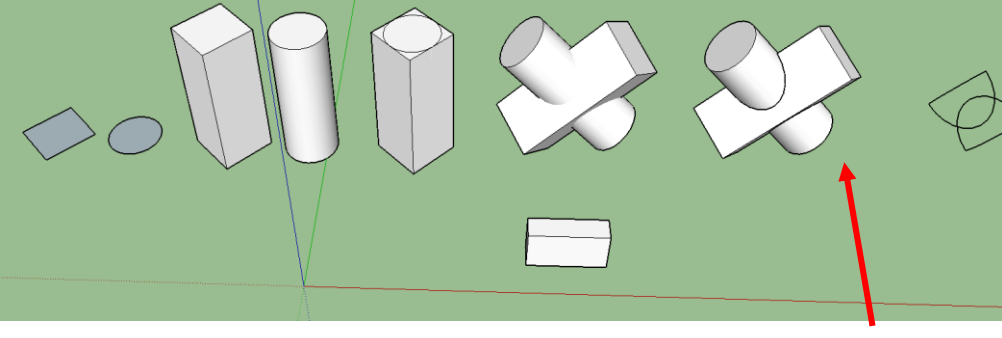
	
<p>內接圓+方</p>	<p>交集線是連續的，沒有斷線；刪除內圍線就可以得杯口曲線。</p>

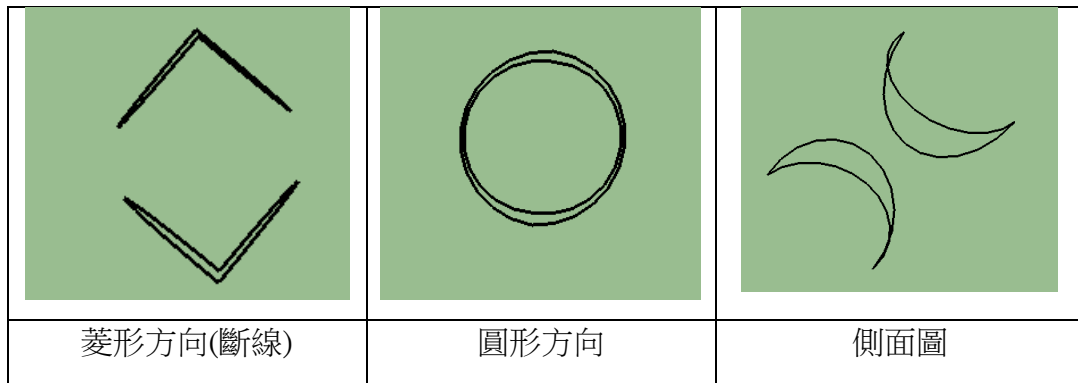
2.結果

			
<p>方形方向</p>	<p>圓形方向</p>	<p>側面圖</p>	<p>紙板實品</p>

(三)內接圓+菱形：因為線條無法連接，交集失敗，無法成功製成方圓杯。

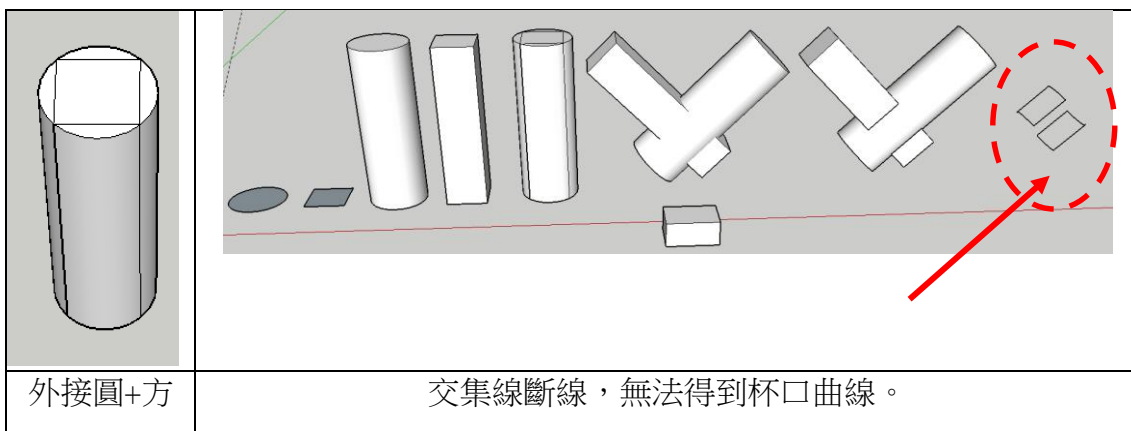
1.製作流程

	
<p>內接圓+菱</p>	<p>交集線是連續的，沒有斷線；刪除內圍線就可以得杯口曲線。</p>

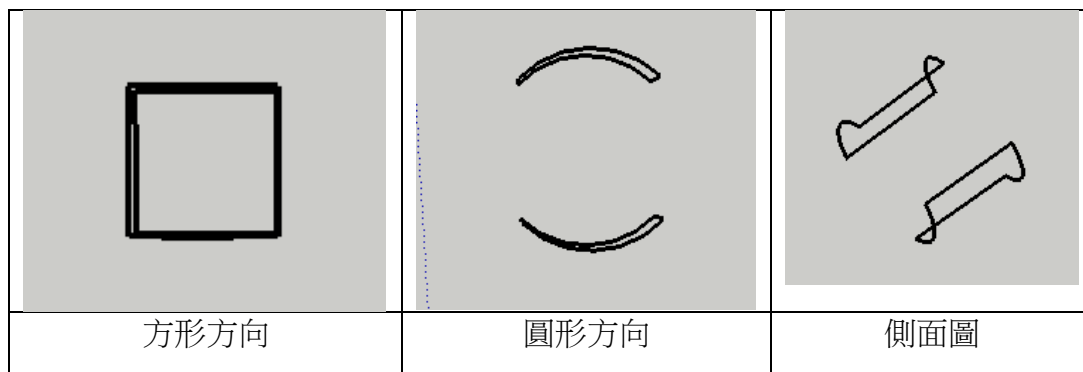


(四)外接圓+方形：因為線條無法連接，交集失敗，無法成功製成方圓杯。

1.製作流程



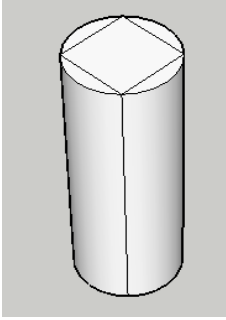

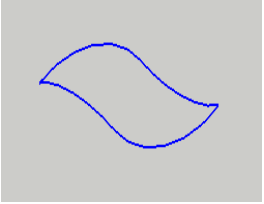
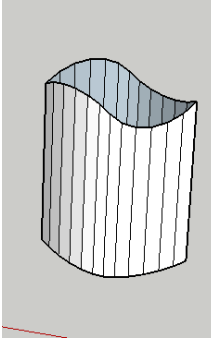
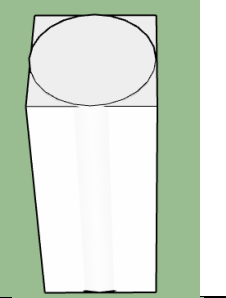
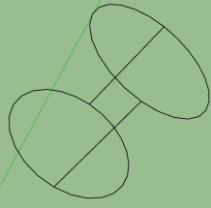
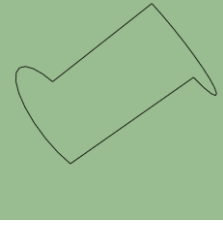
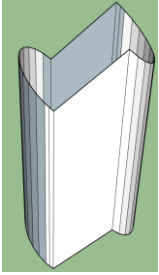
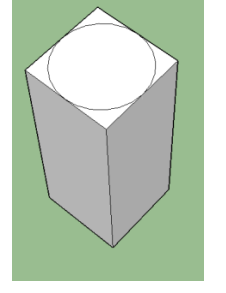
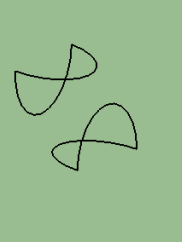
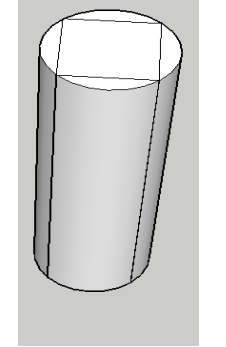
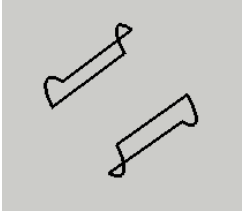
2.結果



(五)綜合討論

1.交集曲線

四種組合，二種成功、二種失敗，我們分析發現，**關鍵因素在於方柱與圓柱各往不同方向旋轉後，「交集」產生的交集曲線是否為連續不斷線的，交集曲線如果是不連續斷線的情況，就得不到方圓杯口的曲線，就會失敗。**

方+菱組合	二柱體的交集曲線	刪去內圍線 得到杯口曲線	拉伸 產生杯身	結果
				外接圓+菱 成功
				內接圓+方形 成功
		無成功	無成功	內接圓+菱 失敗
		無成功	無成功	外接圓+方 失敗

2.二邊視線方向，方、圓二柱體的長度要相等。

進一步分析二種成功的組合，**關鍵因素是：當人從左右不同視角看過去時，方柱與圓柱的「長度相等」時，就會成功。**

分析圖		
成功	<p>內接圓+方 內接圓視角長度 = 方形視角長度</p>	<p>外接圓+菱 內接圓視角長度 = 方形視角長度</p>
分析圖		
失敗	<p>內接圓+菱 內接圓視角長度 ≠ 方形視角長度</p>	<p>外接圓+方 外接圓視角長度 ≠ 方形視角長度</p>

(六)驗證推論

由以上的方菱與內外接圓的組合，我們推論「二個柱體的旋轉中線，如果二個形狀的視角長度是相等的，交集曲線就能連續，就能成功製成二種視角的圖形變換杯。」以下用變尖的菱形與圓形組合來做驗證：

1.圓+上下尖的菱形

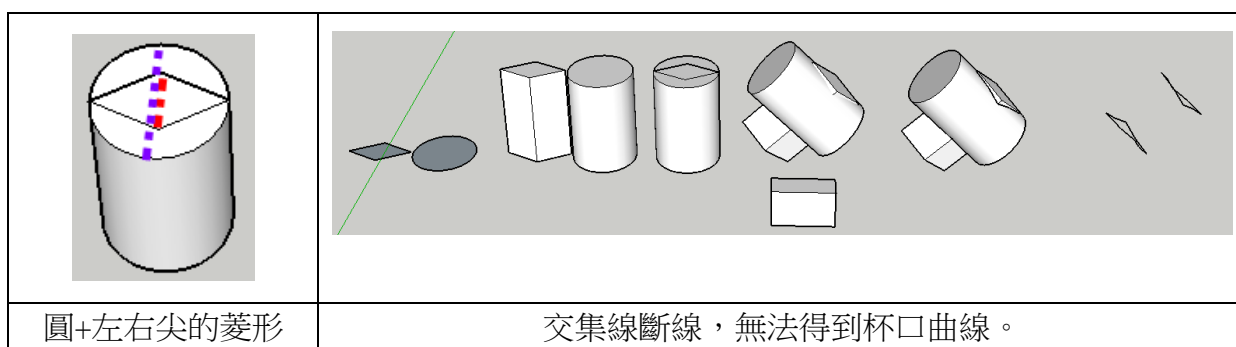
流程：

<p>圓+上下尖的菱形</p>	<p>交集線是連續的，沒有斷線；刪除內圍線就可以得杯口曲線。</p>

<p>菱形方向</p>	<p>圓形方向</p>	<p>側面圖</p>	<p>紙版實品</p>

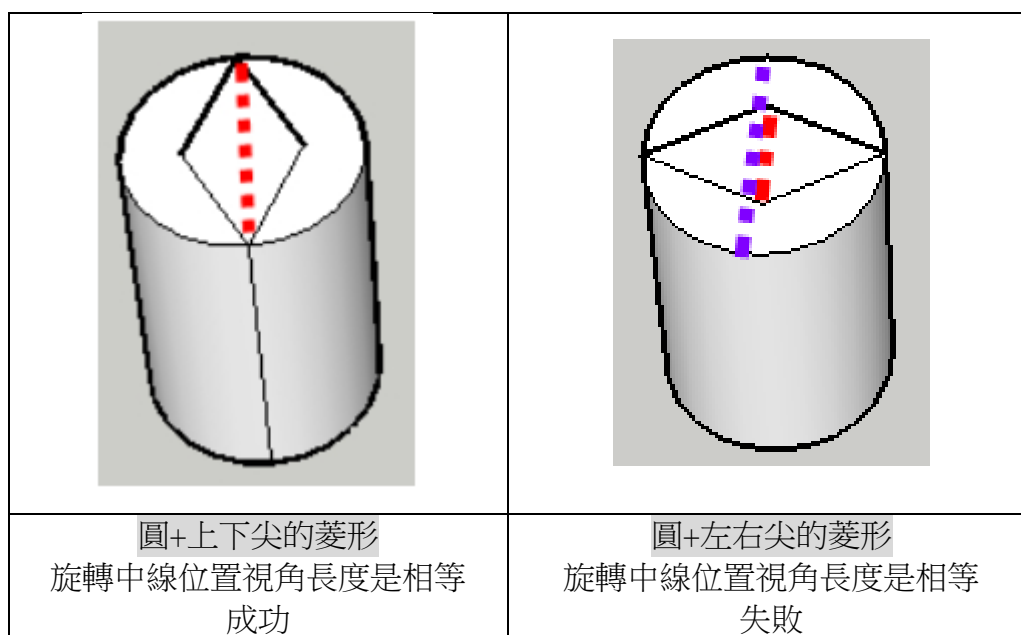
	<p>紙版模型</p>
--	-------------

2.圓+左右尖的菱形



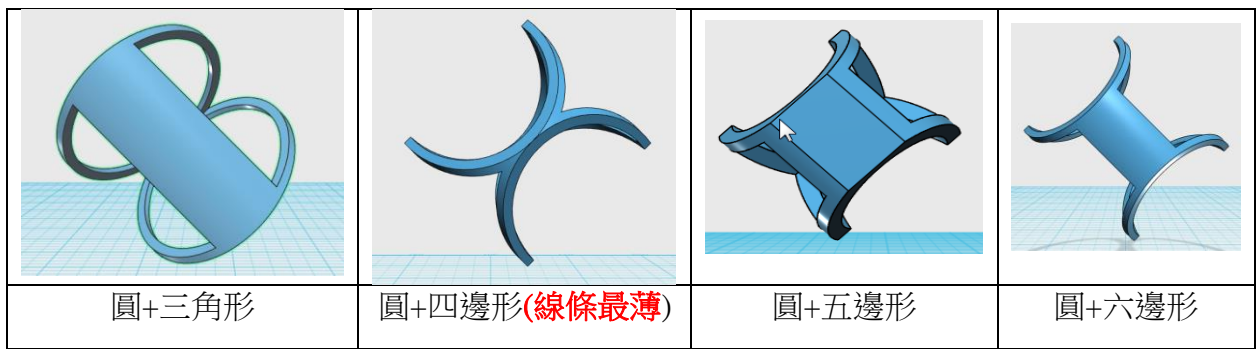
3.綜合比較

我們故意以方+尖的菱形做不同方向的組合，驗證我們的推論，果然，在繪圖時，旋轉中線的位置，二個柱體的視角長度要相同能成功



五、研究四：圓+多邊形的組合

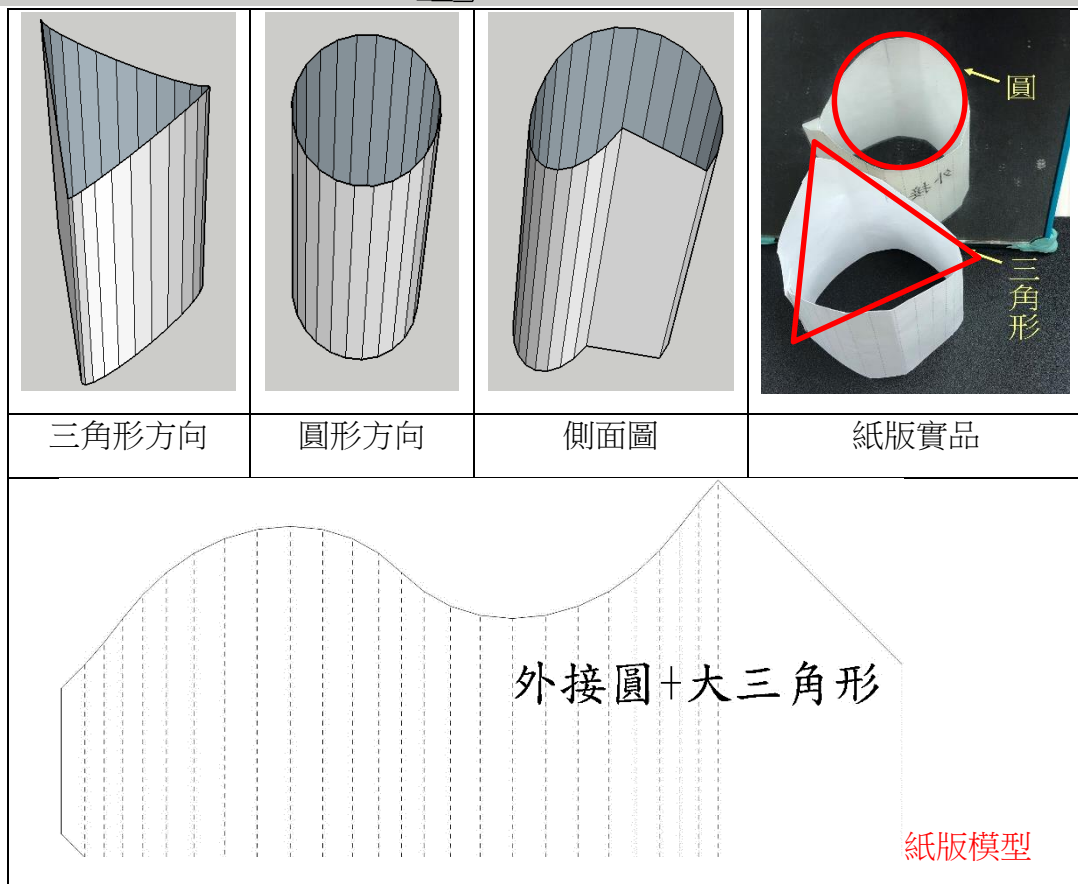
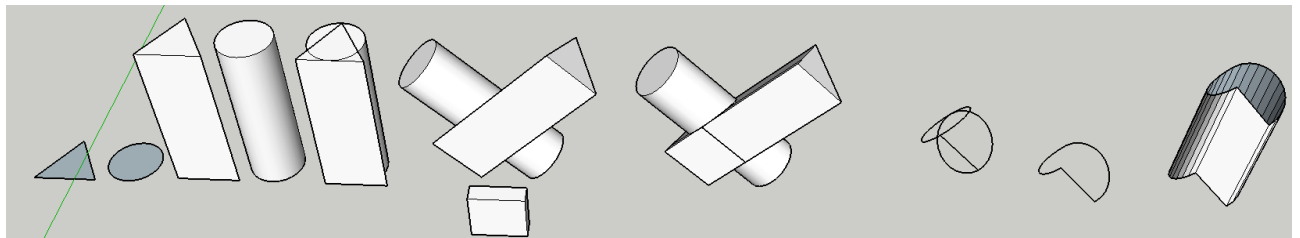
106 年的科展，我們在小學四年級就已經嘗試使用 123D 軟體來改變柱體形狀，分別是圓+三角形、圓+方形、圓+五邊形、圓+六邊形等，結果發現，以圓+四邊形產生的內外圍曲線最簡潔，其他的曲線都有很厚的線條，在刪除內圍線時非常不容易，因此，不建議使用 123D 軟體製作圓+多邊形的組合。在 108 年決定學習 sketchup 軟體來製作成紙版的模型。



108年我們學習使用 Sketchup make 免費軟體。使用 sketchup 製作模型時，做法較容易，也較容易學，操作方法與研究一的第(二)點 Sketchup 軟體的製作流程皆相同，只是改為圓+多邊形的組合，我們將製作流程及結果說明如下：

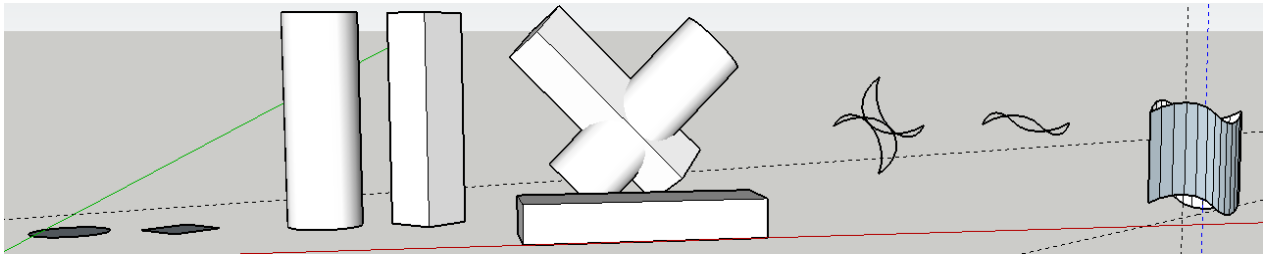
一、圓+大三角形

流程：



二、圓+四邊形

流程：

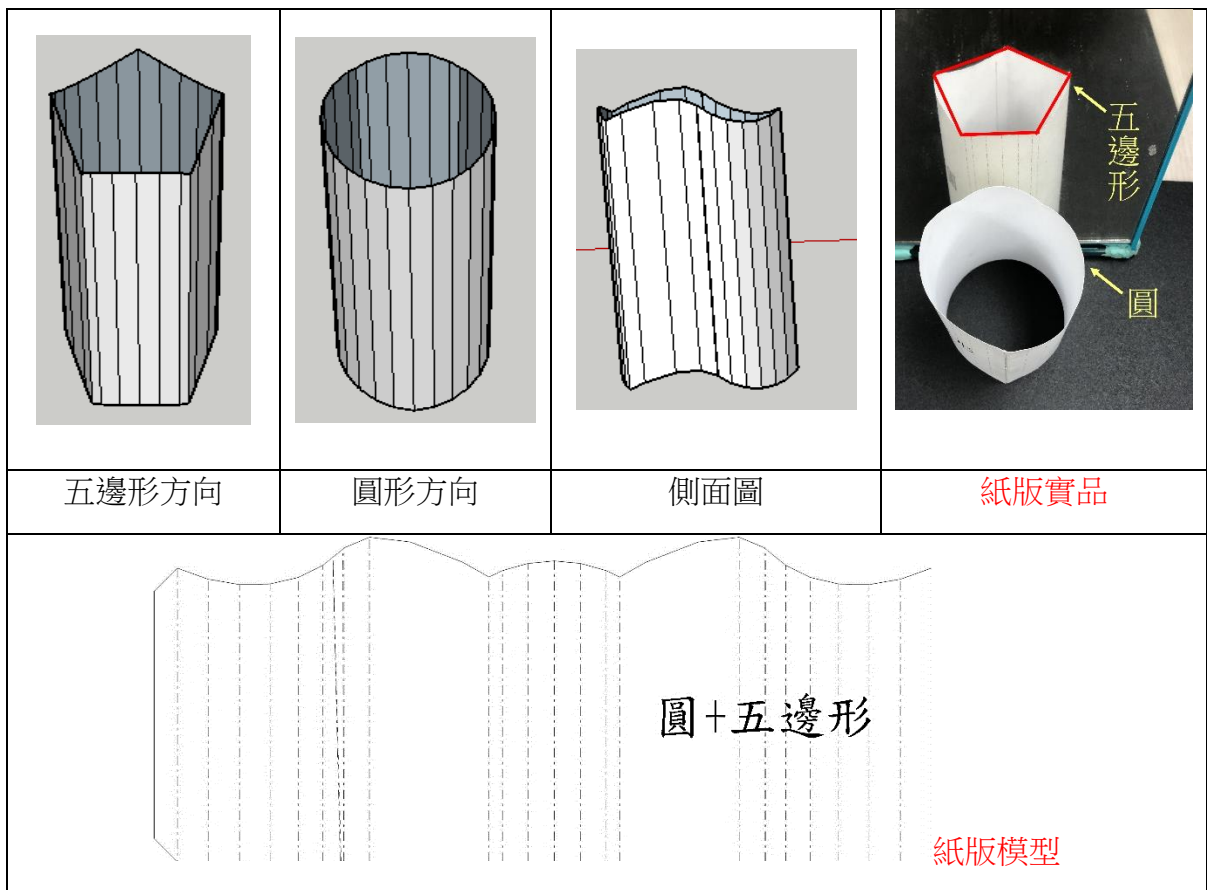


四邊形方向	圓形方向	側面圖	紙版實品
			紙版模型

三、圓+五邊形

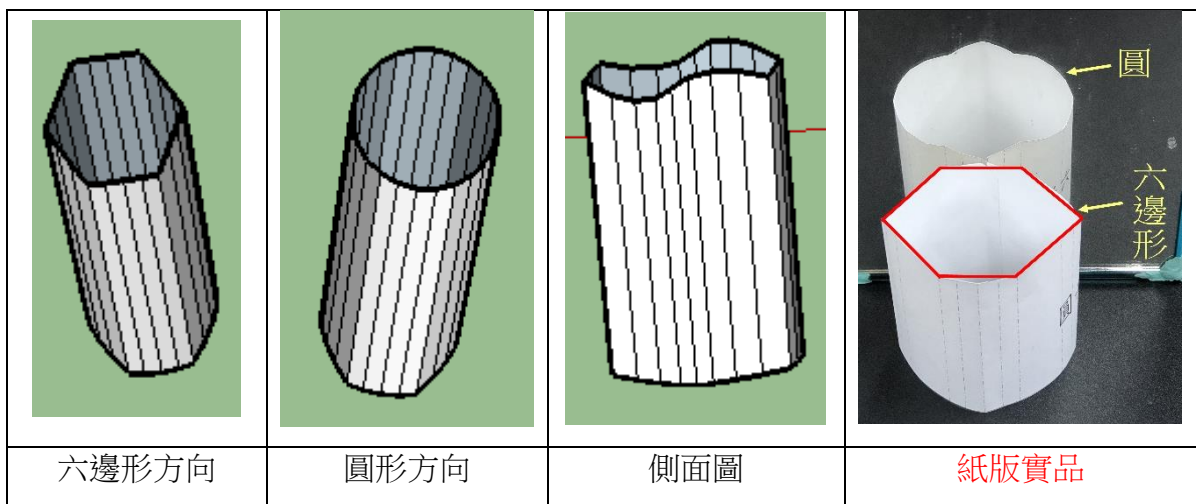
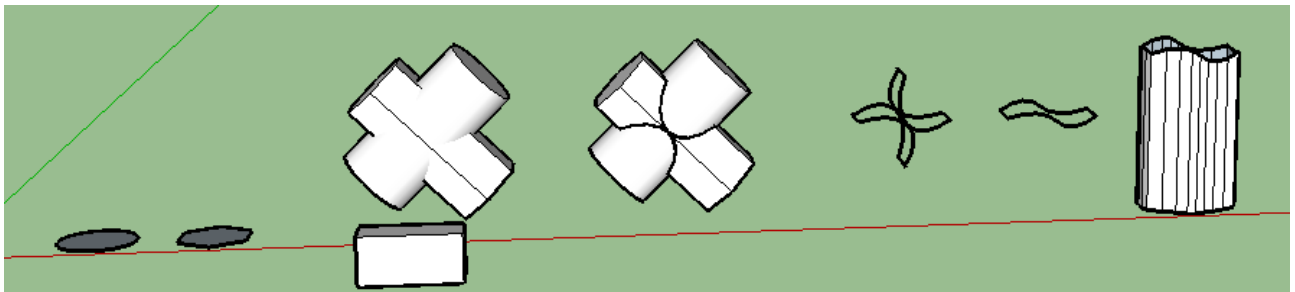
流程：交集後有一點點線，我們用畫筆接起來。

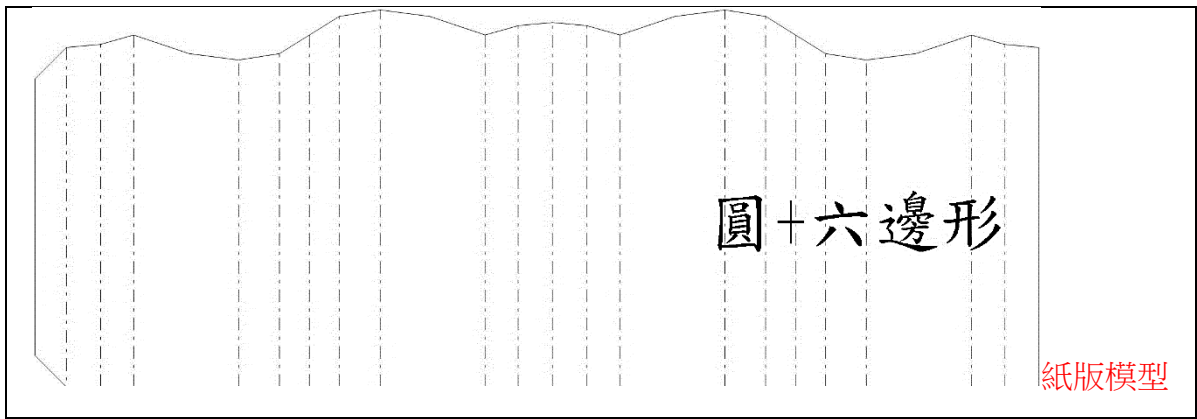
原本的線條是破裂的，但連接起來後就能做成紙模了



四、圓+六邊形

流程：



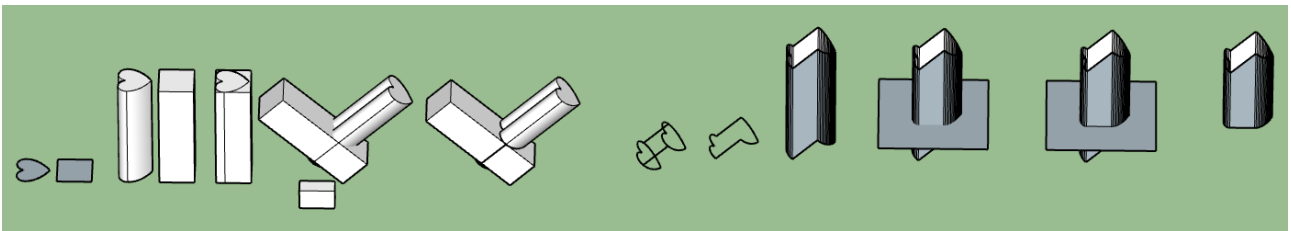


六、研究五：Sketchup 軟體製作不同形狀的組合

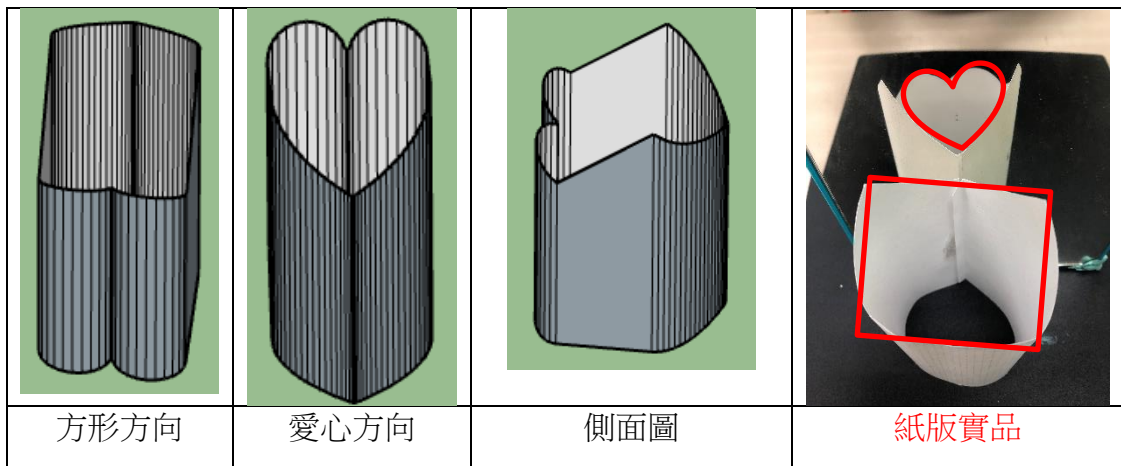
我們知道製作的關鍵是「在旋轉中線位置，二柱體的視角長度要相等，就能成功製作二種變換的組合。」接下來，我們想利用這個關鍵因素，改變方+圓的組合，試做其他幾何圖形，結果如下：

(一)方+愛心

1.流程

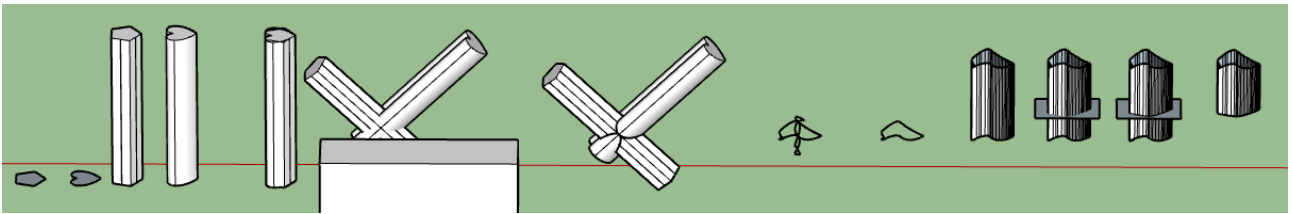


2.結果



(二)五邊形+愛心

1.流程



2.結果

<p>星形方向</p>	<p>黑桃方向</p>	<p>側面圖</p>	<p>紙版實品</p>

七、研究六：多重組合

我們前面都只有做單獨的一個模型，所以想到把兩個立體模型組合在一起，做出以下幾種類型：

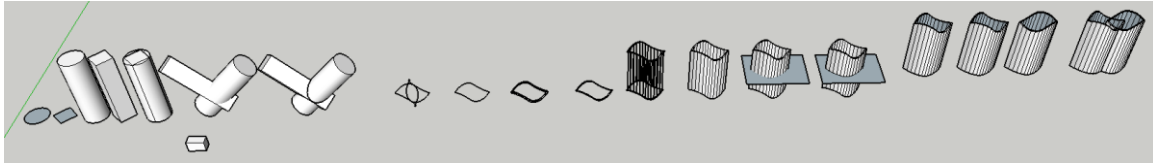
(一)交錯組合

1.相反方向



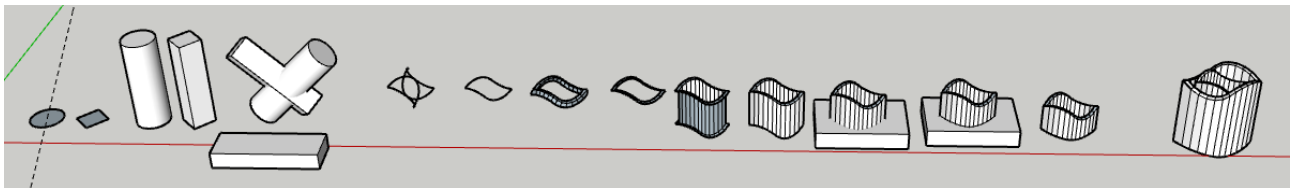
<p>圓+圓</p>	<p>菱+菱</p>	<p>側面方向</p>

2.相同方向



<p>圓形+菱形</p>	<p>圓形+菱形</p>	<p>側面方向</p>

(二)大小組合



<p>圓形+菱形</p>	<p>圓形+菱形</p>	<p>側面方向</p>

八、研究七：英文柱體交集後對成像的影響

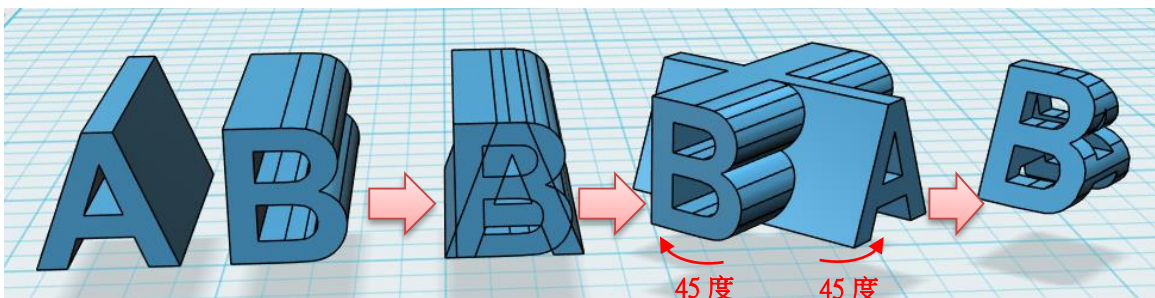
如果我們使用 123D 軟體做出有厚度的柱體，不理會「旋轉中線的二柱體視角長度要相等」的條件，其實也是可以製作有趣的組合，只是無法成中空的杯子，只能用不同視角去看圖形。

前面我們製作的方圓杯是由上往下看的視角，以下的字母組合，我們改用前方的視角看過去。因為不需要刪除內圍，因此步驟比前面的製作流程少了一半，所以使用 123D 軟體是很容易的，以下為 123D 軟體的操作方式。

(一)步驟與結果

1. 123D 軟體

- (1)製作字母 A 字體大小=20mm=字母 B 字體大小=20mm、柱體長度=30mm。
- (2) AB 二柱體拉長後，中心點重合對齊重疊。
- (3)柱體旋轉角度：字母 A 及字母 B 旋轉為相反方向，例如：A 柱體向右旋轉 45 度，B 柱體向左旋轉 45 度，選取「交集」功能，得到二柱體的交集模型。

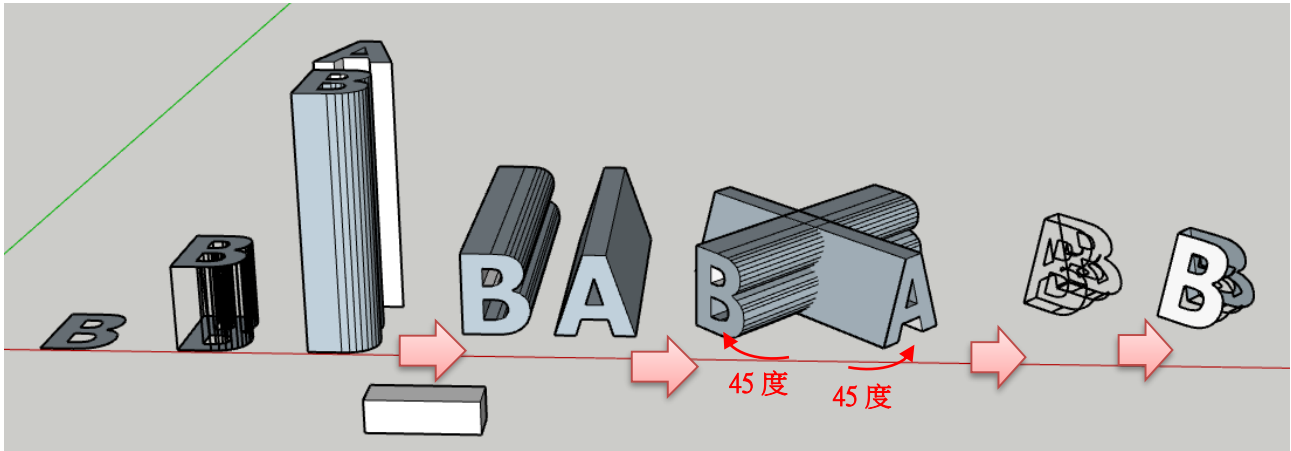


圖*：製作流程圖


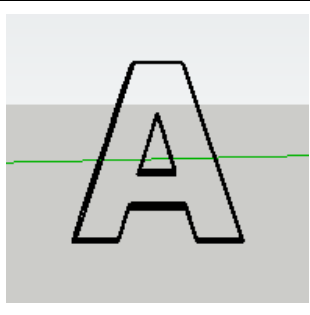
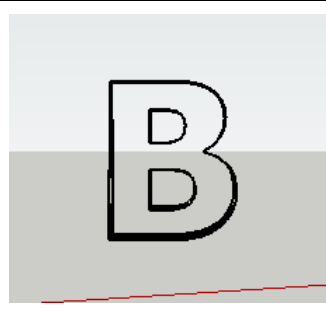
表#：視角成像

視角	前方平視 0 度	前方平視往右約 45 度	前方平視往左約 45 度
模型			

2.sketchup 軟體



製作流程圖

視角	前方平視 0 度	前方平視往右約 45 度	前方平視往左約 45 度
模型			

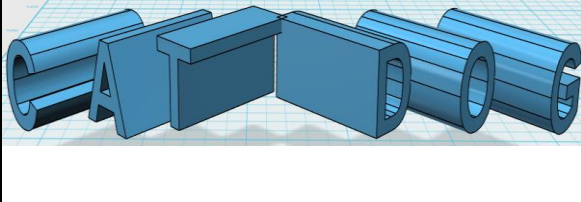
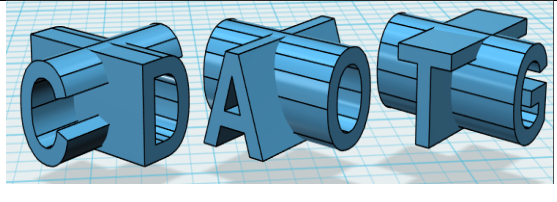


(二)討論

1.二種軟體製作方法的比較

二種軟體都可以製作，因為不需要刪除內圍線，反而 123D 較簡單，二柱體旋轉後取交集就完了成；使用 sketchup 軟體需要將面補上，較麻煩。

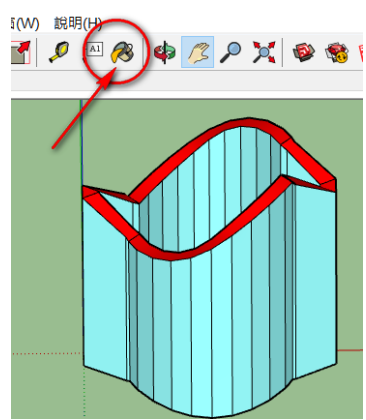
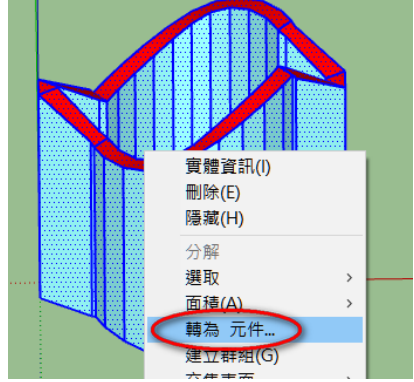
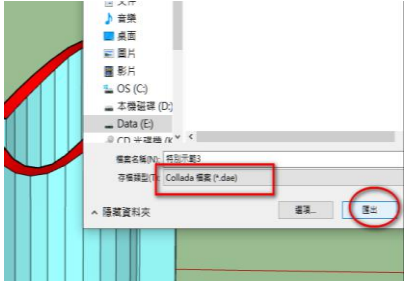

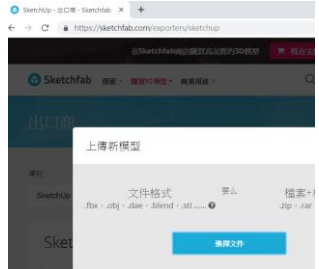

2.我們試過很多字體取交集，都可以成功，例如，CAT+DOG。

	
1.先打出"CAT"和"DOG"。	2.將英文字母做成柱體往後拉伸。

	
3.柱體互相旋轉 45 度。	4.把對應的字母互相重疊。
	
5.取出交集。	6.完成，DOG 方向，CAT 方向。

九、研究八：製造 AR 效果

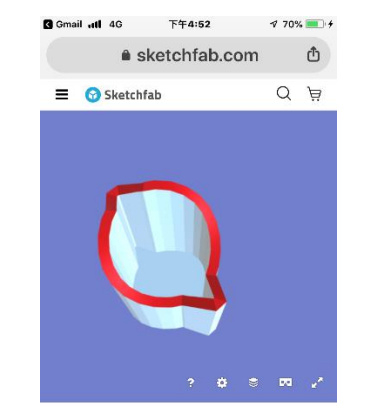
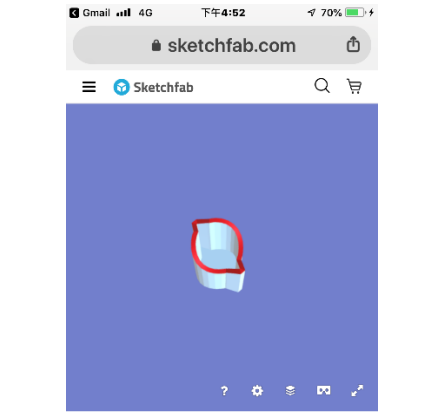
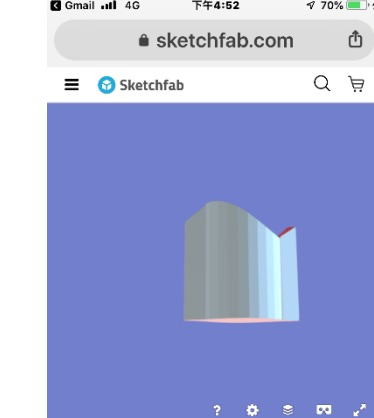
(一)sketchup 檔案匯出為 dae 檔，上傳到 sketchfab 網站，可以變成 AR 效果，製作方法如下：

		
1.塗色	2. 選取物件建立元件	3.匯出 dae 檔
		
4.到 sketchfab 網站開檔案	上傳檔案	處理模型中

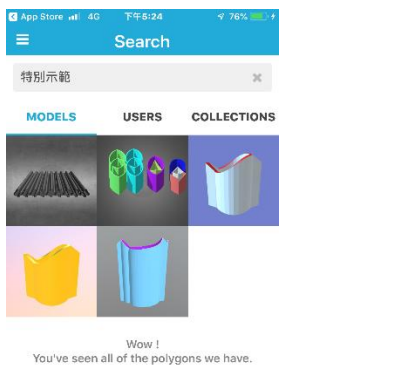
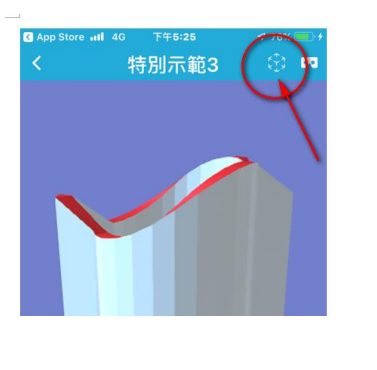
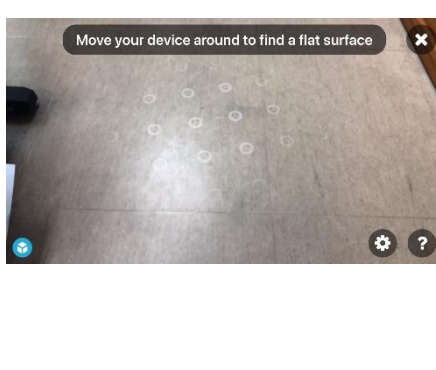

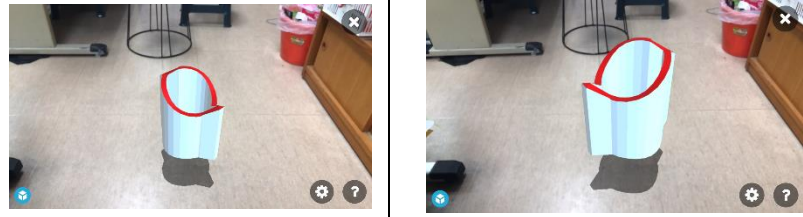
		
<p>調整背景光線</p>	<p>發布可以得到 AR 視覺模型</p>	<p>紙版(無厚度)-不成功 https://skfb.ly/6ICZQ 立體(有厚度)-成功 https://reurl.cc/nNrID</p>

(二)AR 效果：

1. 單純手機看：

		
<p>AR 效果-在手機上可用手指放大或縮小的</p>		<p>AR 效果-也可以轉方向</p>

2. 手機下載 sketchfab app：可以有實境 AR 效果。

		
<p>登入後，挑選模型。</p>	<p>選擇右上方按鍵</p>	<p>點選模型要出現的位置</p>
		
<p>跳出模型</p>	<p>手指可以手機螢幕上放大、縮小、轉向。</p>	

陸、結論

一、製作「立體」方圓杯的方法

106 年使用 123D 軟體的刪除法來製作方圓杯，但是內圍曲線不易刪乾淨，及拉伸杯身時杯口曲線會變形；因此在 108 年，我們使用 123D 軟體，改用三面曲線投影方法，及 Sketchup 這二種軟體都可以製作方圓杯，經過比較分析，Sketchup 軟體的功能較多，整體效用較廣。

二、製作「紙版」方圓杯的方法

因為 123D 軟體只能製作立體模型，所以使用 Sketchup 軟體製作「平面」的紙模；但是 Sketchup 軟體繪製方圓杯時，需要使用「紙藝大師」軟體來切成紙版模型的展開圖，只要列印紙張出來，折一折黏一黏就變成立體的「中空無底的方圓杯」。

三、探討方圓杯製作成功的關鍵因素

方形可調整成「正方形」或「菱形」，圓形也可調整成「內接圓」或「外接圓」，四種組合，二種成功、二種失敗，分析之後發現，關鍵因素在於方柱與圓柱各往不同方向旋轉後，交集產生的曲線是否為連續不斷線的，交集曲線如果是連續不斷線的情況，就會成功；再進一步分析得知「二個柱體的旋轉中線，如果二個形狀的視角長度是相等的，交集曲線就能連續，就能成功製成二種視角的圖形變換杯。」

四、Sketchup 軟體製作「圓+多邊形」與「不同形狀」的組合

使用 Sketchup 軟體來製作圓+多邊形的組合，利用「二個柱體的旋轉中線的視角長度是相等的」條件下，可以成功製作圓+多邊形(圓+三角、圓+四邊、圓+五邊、圓+六邊)、不同形狀(星+方、星+黑桃、菱+心形、圓+四星)的紙版或三 D 列印立體模型。

五、多重組合

我們前面都只有做單獨的一個模型，所以把兩個立體模型組合再一起更有變換的視覺樂趣。

六、英文柱體交集後對成像的影響

英文柱體在製作上是 123D 比較簡單，Sketchup 軟體較為困難，可以應用在立體商標上，讓人們從不同方向看到不同字，例如：DOG+CAT。

七、製造 AR 效果

sketchup 檔案匯出為 dae 檔，上傳到 sketchfab 網站，可以變成 AR 效果，在手機上可以放大、縮小、及轉向(<https://reurl.cc/nNrID>)，不過要用有厚度的立體模型；手機下載

sketchfab app 可以有實境 AR 效果。

柒、參考資料

許良榮(2010年4月)。方圓隨身變。NTCU 科學遊戲 Lab。中華民國 103 年 10 月 1 日取自：

<http://scigame.ntcu.edu.tw/light/light-041.html>。

杏(無日期)。[drawing] a paper model for Kokichi Sugihara's Ambiguous Cylinder illusion - CC BY NC。中華民國 106 年 2 月 3 日取自：

<https://twitter.com/angealbertini/status/790645569450565632>

王 XX 等(106 年)。方圓隨身變之研究。嘉義市第 35 屆中小學科學展覽會作品說明書。(因為就我們作者本人，不能出現姓名，所以用代號。)

捌、心得

A 心得

這件科展我做了兩年了，那時候我還四年級，現在已經六年級了，一開始我以為學這些軟體很難，但是認真學完之後，發現很好用又很簡單。我熟悉這些軟體之後，摸索如何畫出方圓杯，大家各自嘗試後，就互相教對方，也要花時間來練習，有問題，我們就線上問香港的老師，他會很快幫助我們。一些細節只有真正在操作才會知道如何解決，我和其他組員都已經比指導老師還要會用了哦，我們還常常需要教老師怎麼用。

我們都是利用獨立研究課做的，一週有 4-5 節課，雖然做了這麼久，但是最後要打字、整理報告，趕出這件作品，寒假、過年及 228 連假都要來趕工，才能將這件作品明書打字整理完。

B 心得

我覺得 Sketchup 軟體其實沒有想像中的複雜以及困難，在建築師(某同學的爸爸)的教導和熟悉之後，我發現這款軟體比 123D 還好用，因此很快就上手了，畫圖形變得很快。如果遇到問題，我們也會先問同學，如果真的解不開就會請教香港的老師，他也教我們可以把檔案上傳 sketchfab 網站，就可以有 AR 實境效果，原來現在 APP 軟體真是好用又神奇，真的很感謝他。

C 心得

我以前就在方圓組參加科展了，有做過方圓的模型，以前是用 123D 做模型，123D 的使用方法不會很困難，只要熟悉一些基本功能，就很容易上手。現在我們使用 Sketch

Up 來製作方圓模型，作法差不多，只是做出來是紙模型，更功能也比較多可以做成 3D 模型、AR 和紙模型。Sketch Up 其實很簡單我們也是聽老師講解基本功能後，就可以自己開始製作模型，不太需要老師的幫忙，模型印出來後，放在鏡子前面，轉轉就能看到不同形狀，同學們都忍不住也要來玩一下。

D 心得

我是新加入的組員，做了一年的方圓，覺得它很有趣，因為從不同的視角可以看出不同的圖案。一開始，我覺得很困難，因為從來沒有看過，或是使用過這些軟體，經過練習之後，慢慢地熟練，變得比較簡單。我們使用「123D」軟體來製作，但是不能做紙模而且比較複雜，後來經過香港老師在線上的指導，發現了「SketchUp」軟體，於是又學習使用「SketchUp」軟體來製作方圓杯，發現比「123D」簡易且快速，而且還可以製作紙模。後來還學 AR，原來是這麼簡單，效果卻是超級酷炫!

E 心得

方圓這個形體很神奇，它從一個角度看是一個形狀，從另一個角度看又是另一個形狀，我一直邁向方圓，除了做方圓，我們也分析什麼形狀可以做變換杯，我們用方+圓的各種組合，終於讓我們找出關鍵因素，接下來就開始做不同形狀，很有趣。