

桃園創新技術學院教師專題研究計畫

成果報告

螺旋式摺紙技法幾何關聯性質之探索

計畫編號：教專研 103P-017

計畫類別：個別型計畫

執行年度：103 年度

執行期間：103 年 1 月 1 日至 103 年 12 月 31 日

計畫主持人：林世洪

執行單位：視覺傳達設計系

中華民國一〇三年十二月三十一日

螺旋式摺紙技法幾何關聯性質之探索

林世洪

視覺傳達設計系

摘要

幾何學是數學領域中與人的最密切的一支學問，幾乎生活中一點一滴都和幾何學相關，幾何圖案自古以來就非常吸引人，摺紙藝術作品在製作過程往往顯現出強烈的幾何關聯性。本計畫將聚焦於探索過程及成果均具有強烈幾何特徵之螺旋式摺紙技法，計畫從最簡單的單螺旋式摺紙作品進行解構，包括四邊、六邊、八邊三種基礎。其次將延伸至雙螺旋式摺紙作品，分析探索其間所蘊含之幾何關聯，最後再以所能蒐集到的較為複雜且精緻的平面及立體作品作為研究對象，進行各關鍵點之解構分析。所有過程將全程進行照片及影片之拍攝，並以 AutoCAD 繪圖軟體繪製摺痕圖，提供摺紙藝術作品數位資料庫收藏，作為後續研究的基礎。研究對象包括 14 種單螺旋式摺紙作品、15 種雙螺旋式摺紙作品、7 種複雜且精緻的摺紙藝術作品，由成果中整理出螺旋式摺紙技法主要係利用正多邊形為基礎，向內摺時會因總角度縮小之關係而產生突出部分，此時若摺向同一側，就會產生明顯的螺旋效果，當然也會呈現在摺痕圖上，形成有趣的幾何圖樣。不同的正多邊形對應不同角度的突出部分，文中也整理出突出部分的幾何關聯角度計算式，本文成果計畫撰寫成二篇研究論文，發表於專業期刊及國際性或全國性研討會，過程中也創作出 10 種螺旋式摺紙作品，將投稿或搭配其他系列作品聯合展出。

關鍵詞：摺紙藝術、螺旋式摺法、摺痕圖、幾何關聯性

壹、緒論

一、研究動機

摺紙藝術發展已相當久遠，但由於真正摺紙藝術的門檻較高，作品的可看性又不如其他種藝術，因此始終不是藝術的主流。也因此作品在國內外均未曾進行過有系統的整理分類，相關資料庫多半仍處於混亂不完整的情況。在蒐集資料過程發現國內外都只有作品發表，而沒有相關之科學研究論文，且相關摺紙藝術作品資料只散見於創作者自行著作出版的書籍中，且多屬於單一作品之陳述方式。近來拜網路發達之賜，大量的摺紙相關訊息湧入網路世界中，惟在網路中所展現的與書籍內容大同小異，都只是記載作品的製程分解圖，或是只有作品的圖片，多數為簡易作品之資料，對後續研究幫助實在不大，況且網路的發達尚會壓縮創作者出書的意願，得失之間尚難確定。本文研究主要參考各種摺紙書籍及網路記載之資源，搭配個人多年的研究所得，個人分別在 93、95、96、97、100~102 年均整理研究成果撰寫論文發表 [1-10]，希望能引起迴響，由所觀察到的反應深刻理解到主要是因為一般人因為未具備足夠基礎，雖然喜歡，但無法一窺摺紙技術之奧妙，因此改以幾何角度切入，希望能提供有效的學習途徑，吸引有興趣者加入研究之行列。所參考的書及包括江金石翻譯高濱利惠所著之「世界折紙遊戲」一書(江金石，1981) [11]，及張秀慧所翻譯フチモト ムネジ所著之「一張色紙 DIY 摺出機器人」一書(張秀慧，2011)，書中主要記載「主從式摺紙技法」結合其他摺法的創新摺法所開發出的一系列作品[12]，潘文良也蒐集一些較為簡單的作品出版「樂在摺紙中」[13]。

螺旋式摺紙技法具有強烈的幾何特性，作品較容易引起注意，目前所蒐集及創作的作品中雖然大多數是平面作品，但也不乏立體式作品，且立體作品往往比平面作品更受大眾的喜愛。在相關書籍及網站資料中，由一般都是以外形或是作者作為分類基礎，因此採用螺旋式摺法創作的作品就分散於各

處，不利於研究，所以本文研究探討之目的在於將各處蒐集到利用螺旋式摺法創作的作品進行幾何關聯性分析整理，期望對後續之研究工作有所助益。

貳、文獻探討

個人多年從事摺紙藝術創新的研究，經常利用廣泛的蒐集作品以取得創新概念，增加創作的靈感。所收集到的資料中，記載製程較為詳細者以書籍與網路居多，但是除了少數精緻的作品有公開製程外，大多數較為高階的作品通常都不肯公開製程，導致旁人無從得知細節而無法進行研究，這對於摺紙藝術的創新研發工作實有相當大的阻礙。

從國內外各種資源搜尋摺紙藝術之相關資料，絕大部分都是在書籍、部落格、網路社群中取得，再加上偶而出現的各國各地方摺紙協會、創作者舉辦之演講、教學、展覽之活動資料，卻始終未見以論文方式發表之研究成果。個人為推廣摺紙藝術，自93年起同樣以展演、組社團、編寫專業書籍、架網站、開設社區大學推廣課程等各種方式進行摺紙藝術之推廣工作，期待擴大摺紙藝術的接觸面，可惜效果都相當有限。因此個人也開始嘗試整理多年對於摺紙藝術技法之研究心得，並以研究論文方式公開研究成果，期待從另一角度切入以獲得迴響，吸引研究族群關注投入摺紙藝術領域，期待有更多對於摺紙藝術有興趣研究人員投入。因此從93年創造力及創意研討會中發表「激盪創意，突破限制」[1]，突顯摺紙藝術是一種限制下的創作藝術做為開端以來，陸陸續續又於94年發表了「創意摺紙藝術推廣計畫執行成效之檢討」[2]、96年發表了「創新技法在創意摺紙藝術創作及教學上之應用」[3]，100年發表了「多突出摺紙技法之剖析研究」、「主從式摺紙技法之剖析與應用研究」、「均衡式摺紙技法之創建」及「多突出摺紙技法在摺紙藝術創新設計應用之探討」4篇研究論文[4-7]，101年在「2012創意與創新設計學術研討會」發表了「螺旋式摺法在摺紙藝術創作上之應用」[8]，102年在「2013設計與創意加值學術研討會」發表了「代表性摺紙藝術作品數位資料庫之建立」[9]，並提供摺紙作品參展[10]，雖然獲得一些迴響並進行交流活動，但後續仍有

待努力，期待摺紙同好支持。

另外，本文相關的內容也取材自作者執行完成的南亞技術學院100年度教師專題研究計畫「以單位摺痕密度作為摺紙作品分級參考指標之可行性探討」[11]、桃園創新技術學院102年度教師專題研究計畫之成果報告「代表性摺紙藝術作品數位資料庫之建立」[12]、南亞技術學院建教合作專案研究計畫之成果報告「創意摺紙藝術產業發展可行性探討」[13]、桃園創新技術學院產學合作計畫「摺紙藝術分類法研究」之成果報告[14]、桃園創新技術學院產學合作計畫「摺紙藝術分類法研究II」之成果報告[15]。至於書籍則參考江金石於1981年翻譯高濱利惠所著之「世界折紙遊戲」一書[16]、張秀慧翻譯フチモト ムネジ著「一張色紙DIY摺出機器人」[17]、潘文良所著之「樂在摺紙中」[18]網路上的「川崎玫瑰」[19]及個人多年研究的成果。

參、研究方法

(一)蒐集作品並重製

欲了解摺紙藝術作品的製作程序，最好的方式就是依樣重製，通常較為簡單的作品可以直接從外觀判讀出來。稍為複雜的作品就需要有製作程序的說明圖示或是製程照片才方便進行重製，當然這也決於重製者的經驗。由於精緻到令人驚嘆的複雜作品，通常無法解密，破解是另一種技術層次的挑戰，考慮程序繁雜，同時也為尊重著作者，本文不列入此類作品。

(二)拍攝各摺紙作品之製作流程照

本研究計畫針對 14 種單螺旋式摺紙作品、15 種雙螺旋式摺紙作品、7 種複雜且精緻的摺紙藝術作品為研究對象，包括製程、種類、次分類及作者資料，清冊如表 1。研究各作品之製程，並在重要關鍵點拍攝過程照片作為記錄，未來可以作為後續相關研究的參考資料，圖 1~18 為部分摺紙作品之製程資料，圖 19~26 為部分作品之成品及對應之摺痕圖照片。

表 1 螺旋式摺紙作品基本資料

編號	作品名稱	種類	次分類	原創者	備註
1	簡易風車	單螺旋式	器物、用品	不詳	
2	風車	雙螺旋式	器物、用品	林世洪	
3	雙風車	多螺旋式	器物、用品	林世洪	
4	大風車	雙螺旋式	器物、用品	林世洪	
5	飛鏢	單螺旋式	裝飾品	林世洪	
6	十字標	雙螺旋式	裝飾品	林世洪	
7	十字星標	多螺旋式	裝飾品	林世洪	
8	X	雙螺旋式	裝飾品	林世洪	
9	桌墊	單螺旋式	器物、用品	不詳	

10	齒輪	雙螺旋式	裝飾品	林世洪	
11	螺旋	雙螺旋式	裝飾品	林世洪	
12	圓桌墊	雙螺旋式	器物、用品	林世洪	
13	螺旋花	雙螺旋式	裝飾品	林世洪	
14	太陽	單螺旋式	裝飾品	林世洪	
15	八角星標 1	雙螺旋式	裝飾品	林世洪	
16	八角星標 2	雙螺旋式	裝飾品	林世洪	
17	六角星	單螺旋式	裝飾品	不詳	
18	螺旋六芒星	多螺旋式	裝飾品	林世洪	
19	銀星	多螺旋式	裝飾品	蒙特天古.G.羅姆(美)	
20	螺旋六角雙星	雙螺旋式	裝飾品	林世洪	
21	螺旋六角三星	多螺旋式	裝飾品	林世洪	
22	螺旋五芒星	雙螺旋式	裝飾品	林世洪	
23	小禮物盒	單螺旋式	器物、用品	不詳(多人發表)	
24	小筆筒	單螺旋式	器物、用品	林世洪	
25	筆筒	單螺旋式	器物、用品	林世洪	
26	圓筆筒	單螺旋式	器物、用品	林世洪	
27	學士帽	單螺旋式	器物、用品	林世洪	
28	強烈颱風	多螺旋式	裝飾品	林世洪	
29	花苞	單螺旋式	植物_花	不詳	
30	玫瑰花苞	單螺旋式	植物_花	林世洪	
31	菊花	單螺旋式	植物_花	林世洪	
32	川崎玫瑰	多螺旋式	植物_花	川崎(日)	
33	遮陽帽	單螺旋式	器物、用品	林世洪	
34	方碗	雙螺旋式	器物、用品	林世洪	
35	日本碗	雙螺旋式	器物、用品	林世洪	
36	碗公	雙螺旋式	器物、用品	林世洪	

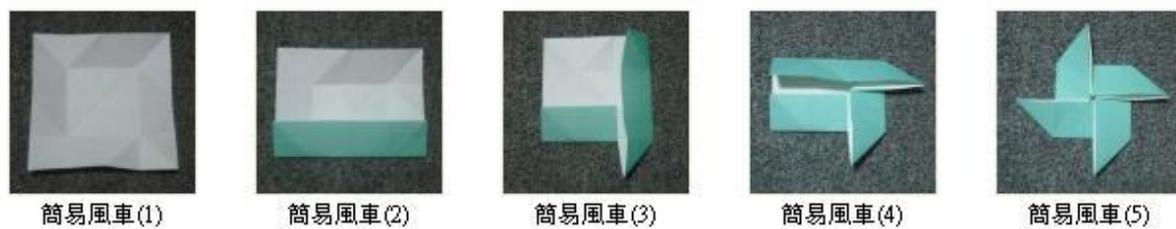


圖 1 簡易風車製程

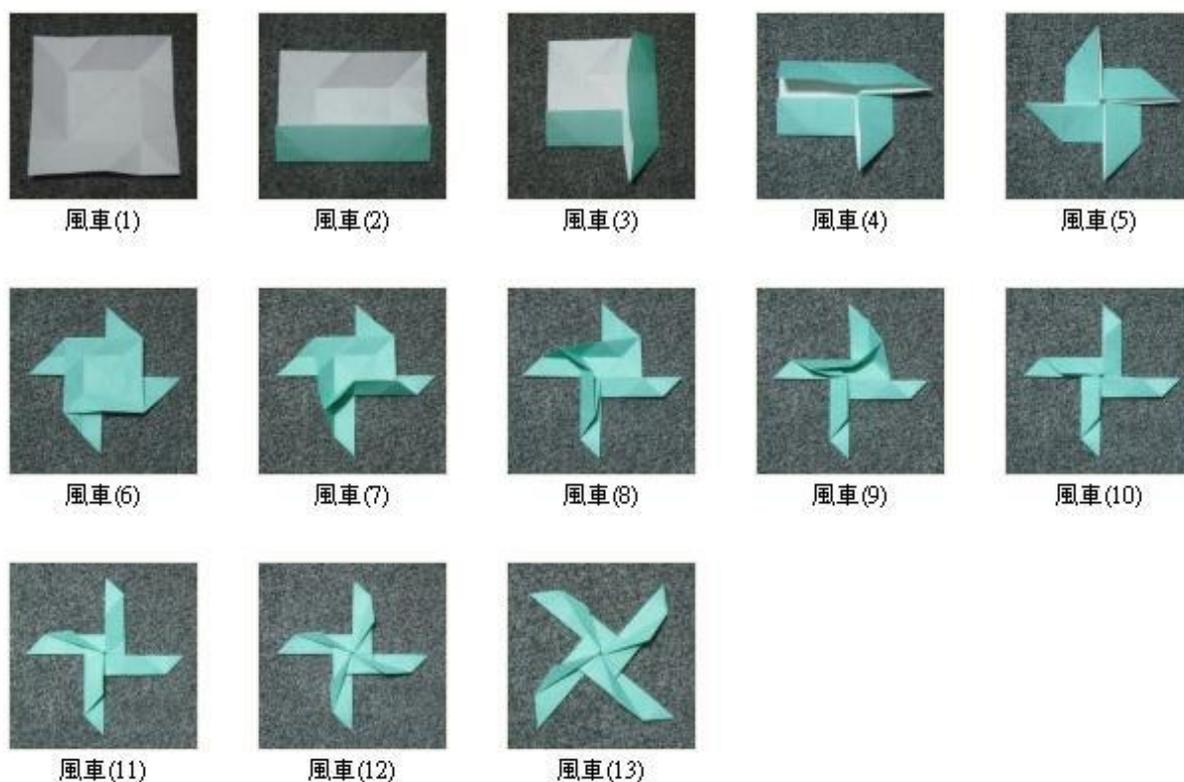


圖 2 風車製程



圖 3 雙風車製程



圖 4 大風車製程

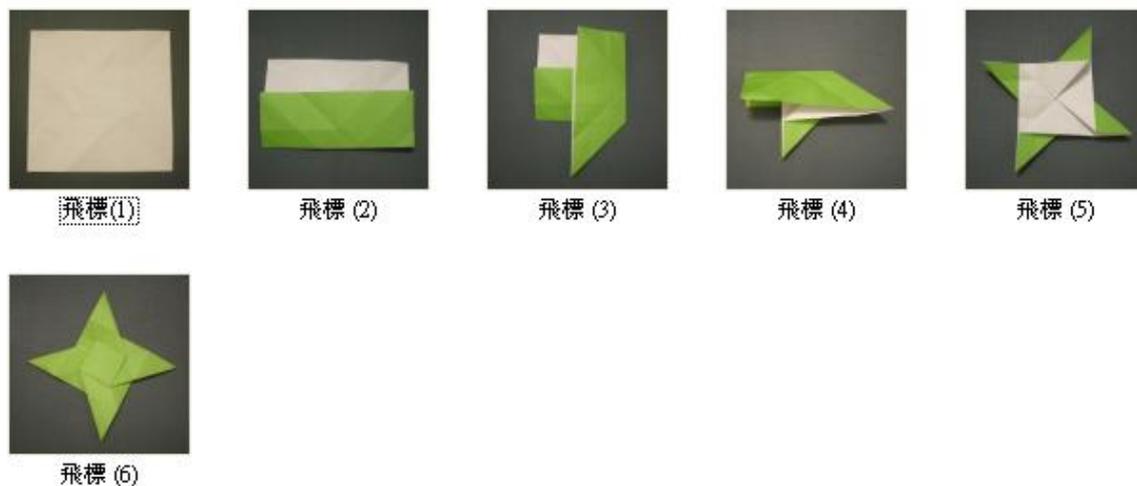


圖 5 飛鏢製程

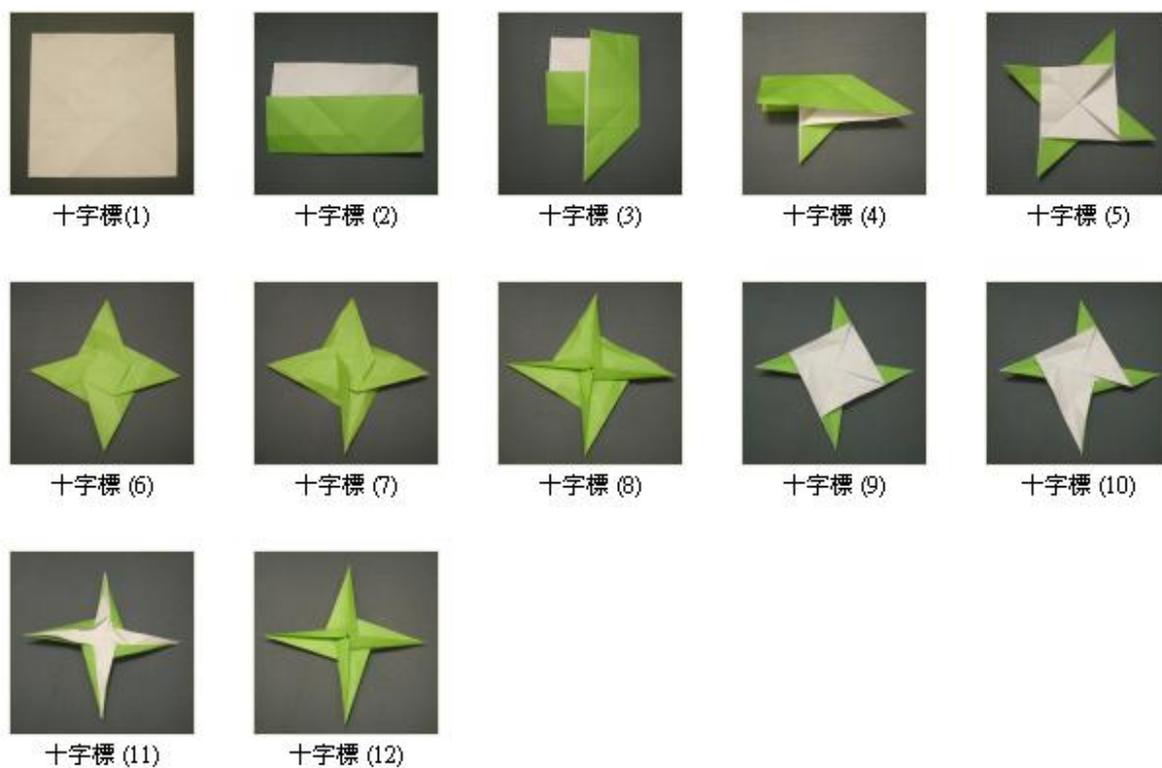


圖 6 十字鏢製程

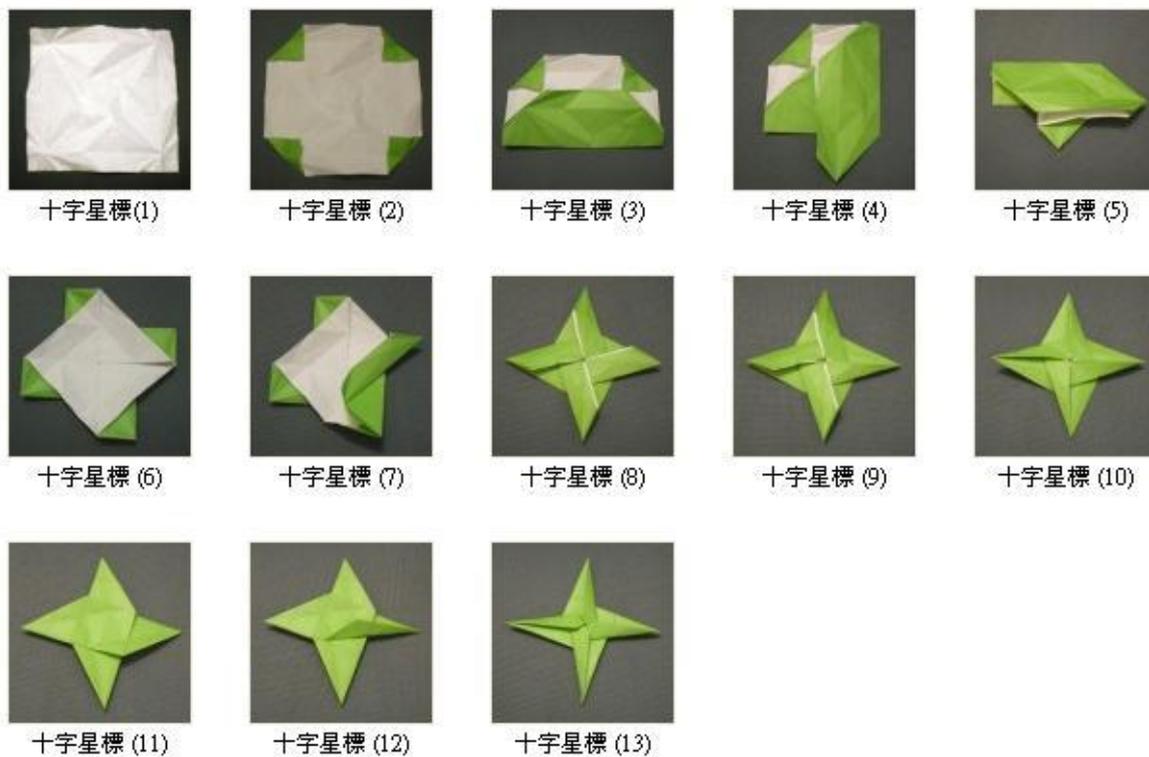


圖 7 十字星鏢製程

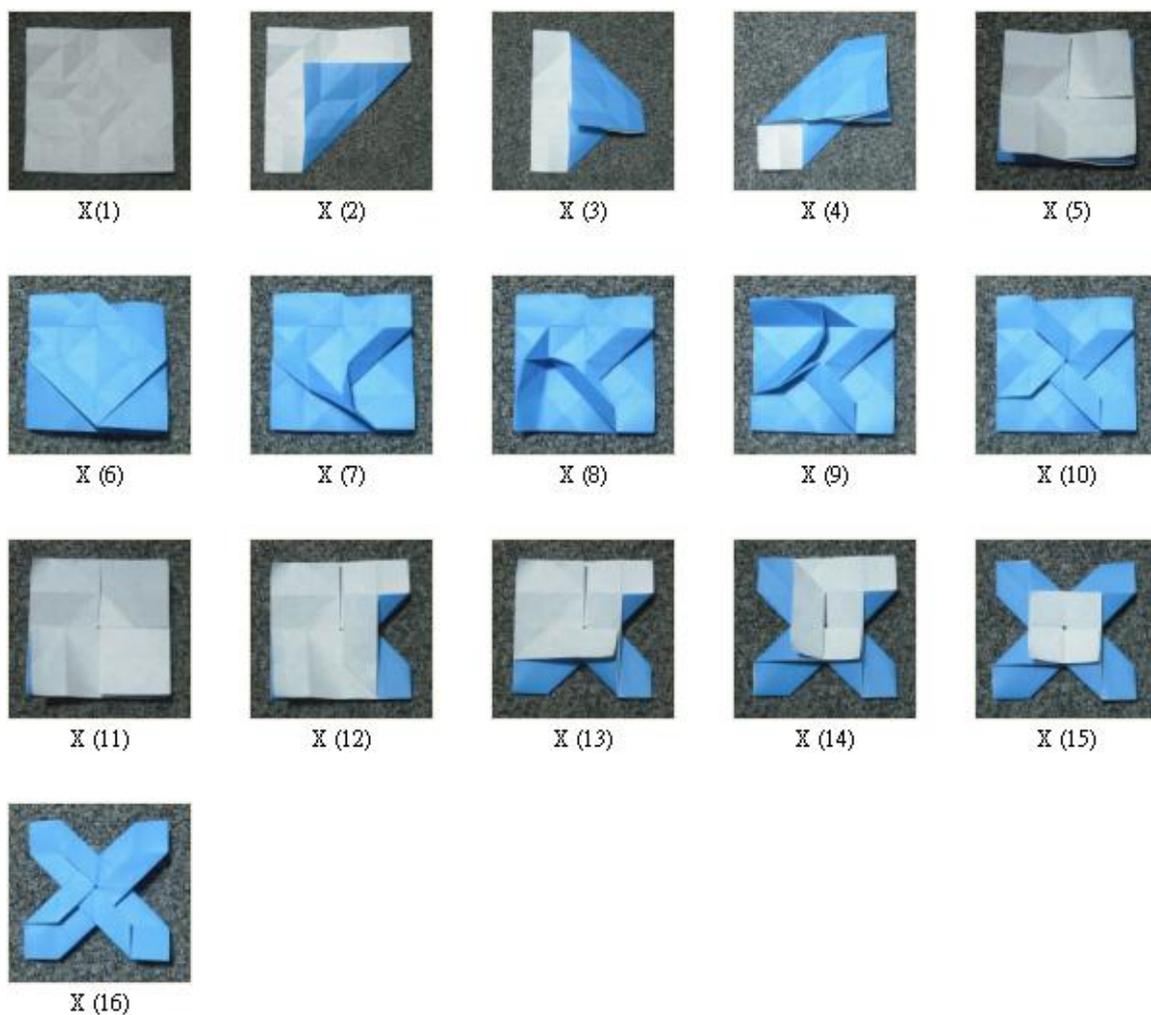


圖 8 X 製程

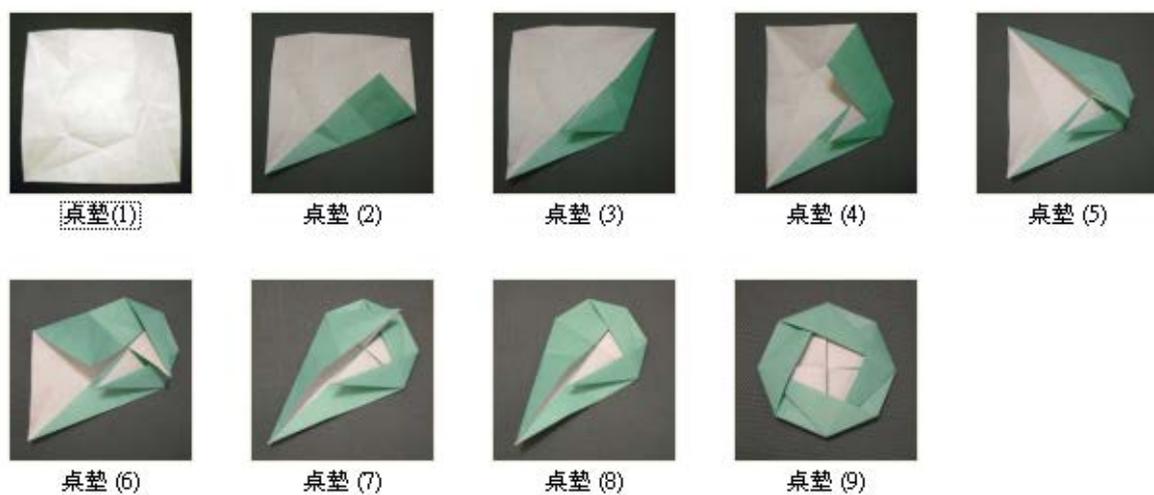


圖 9 桌墊製程



圖 10 齒輪、螺旋、圓桌墊製程



圖 11 螺旋花製程



太陽八角星標 (1)



太陽八角星標 (2)



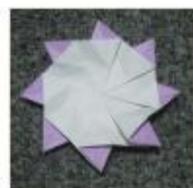
太陽八角星標 (3)



太陽八角星標 (4)



太陽八角星標 (5)



太陽八角星標 (6)



太陽八角星標 (7)



太陽八角星標 (8)



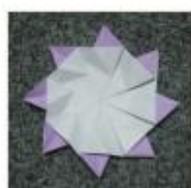
太陽八角星標 (9)



太陽八角星標 (10)



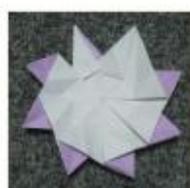
太陽八角星標 (11)



太陽八角星標 (12)



太陽八角星標 (13)



太陽八角星標 (14)



太陽八角星標 (15)



太陽八角星標 (16)



太陽八角星標 (17)



太陽八角星標 (18)



太陽八角星標 (19)



太陽八角星標 (20)

圖 12 太陽、八角星標製程



圖 13 六角星、螺旋六角雙星製程

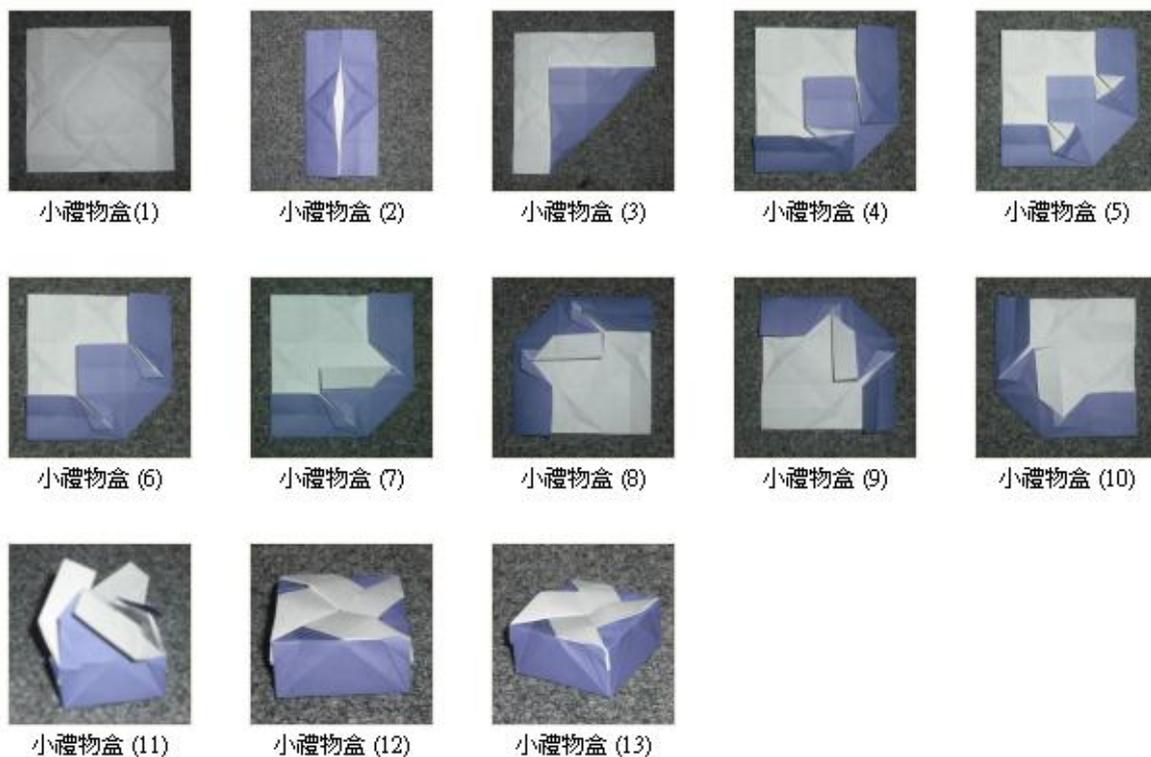


圖 14 小禮物盒製程

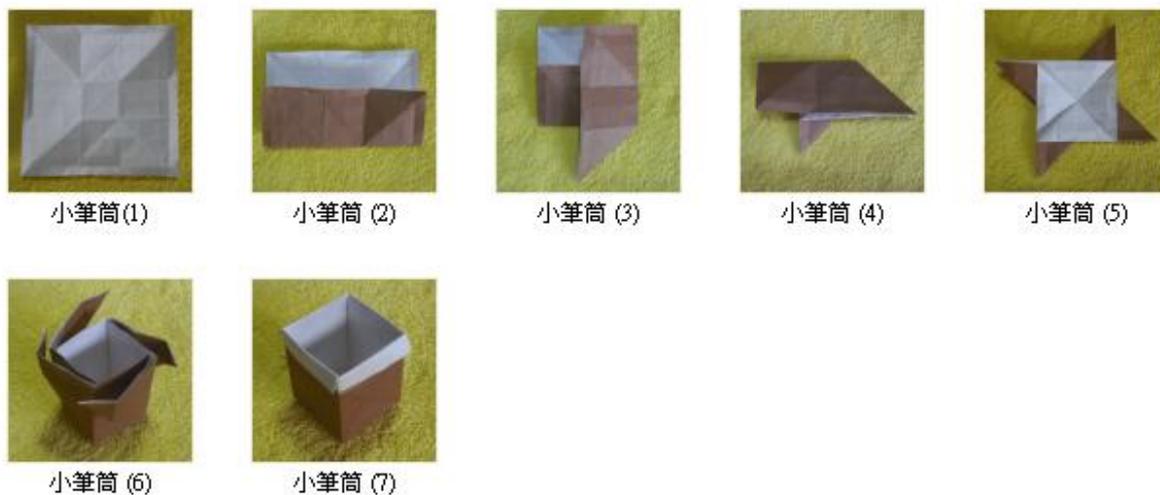


圖 15 小筆筒製程

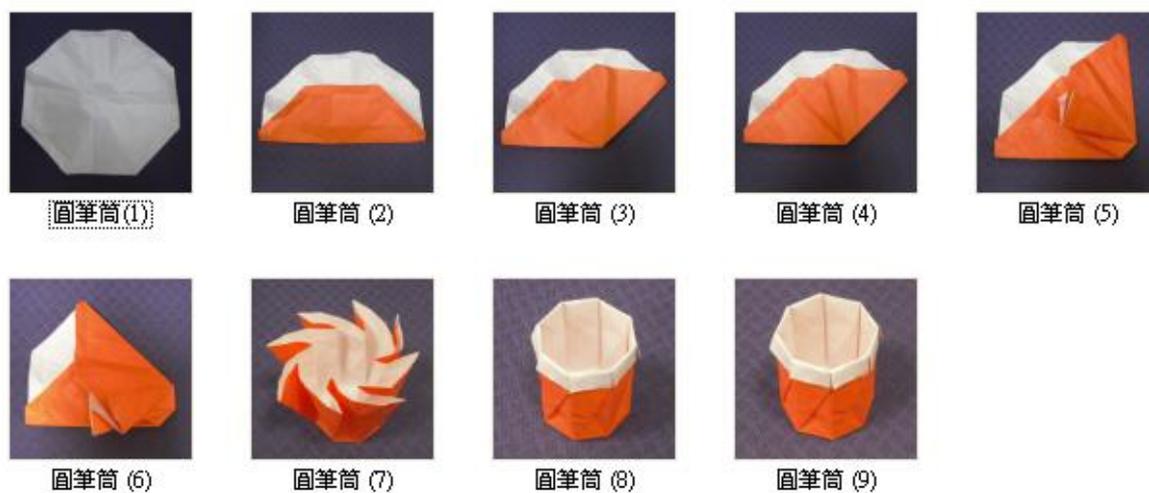


圖 16 圓筆筒製程



圖 17 強烈颱風製程

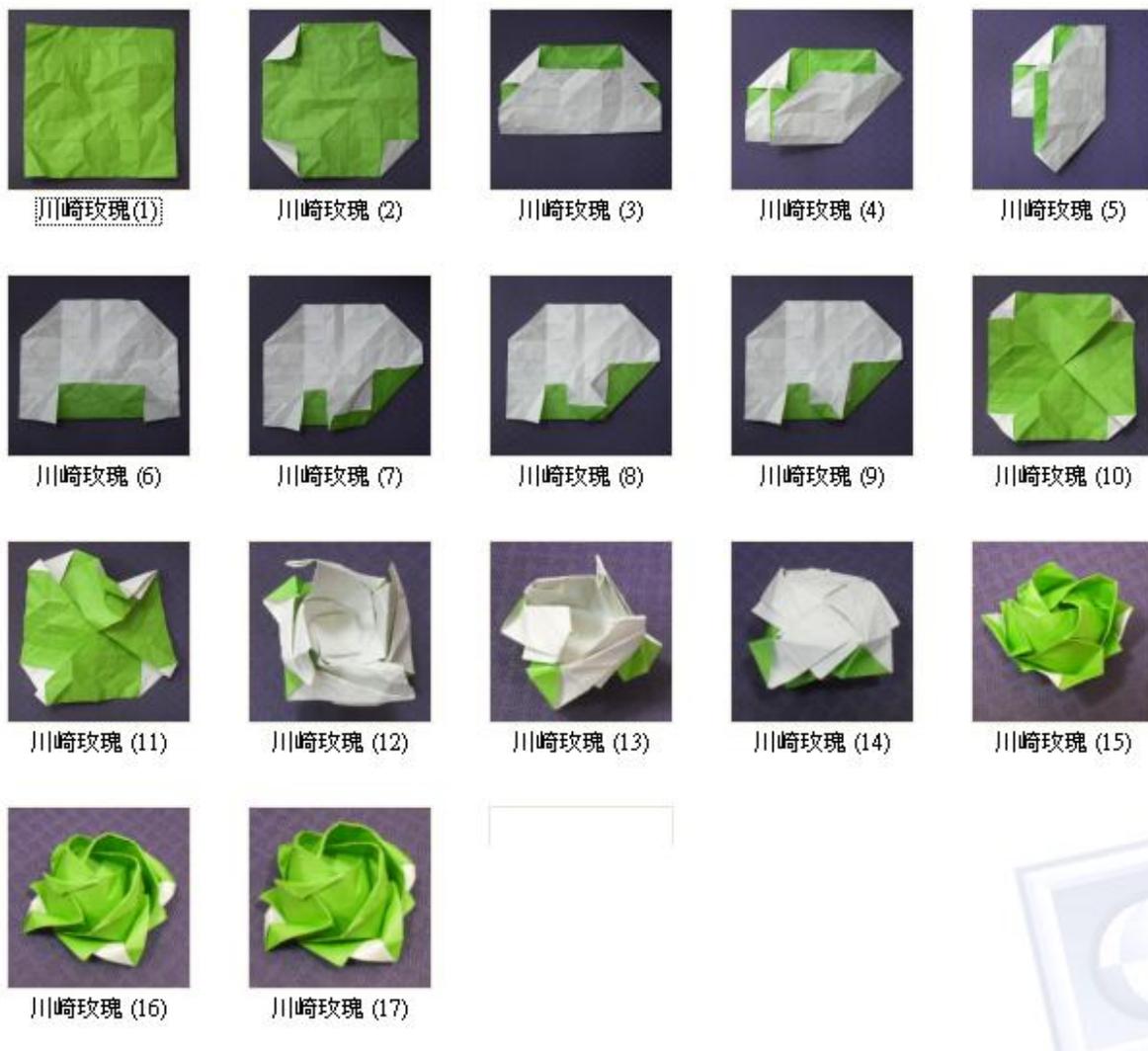


圖 18 川崎玫瑰製程

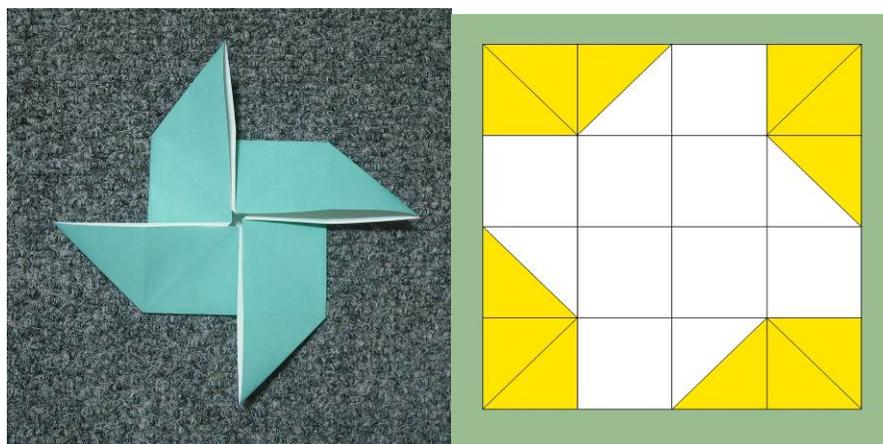


圖 19 簡易風車成品及對應之摺痕圖

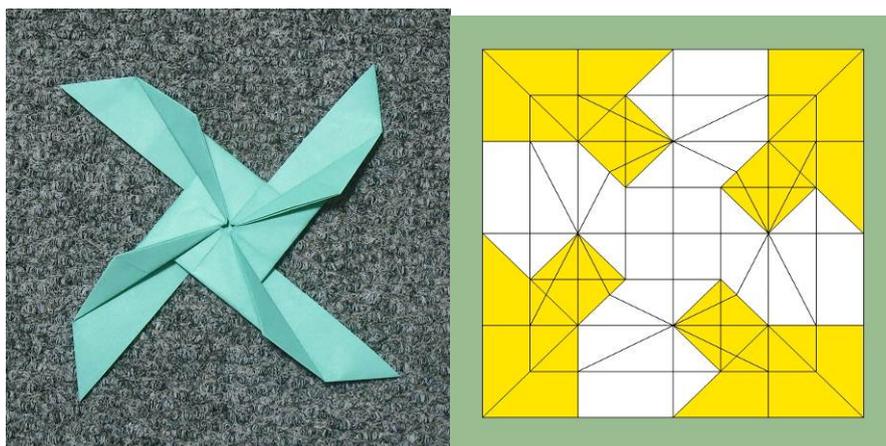


圖 20 風車成品及對應之摺痕圖

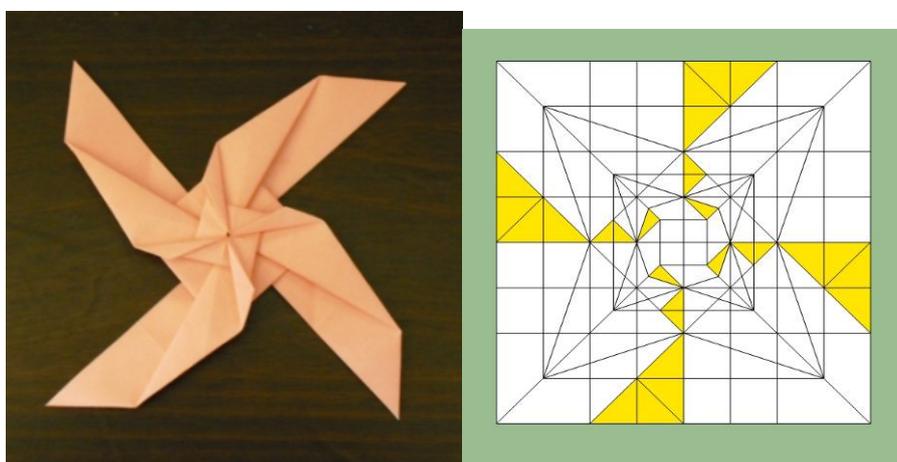


圖 21 雙風車成品及對應之摺痕圖

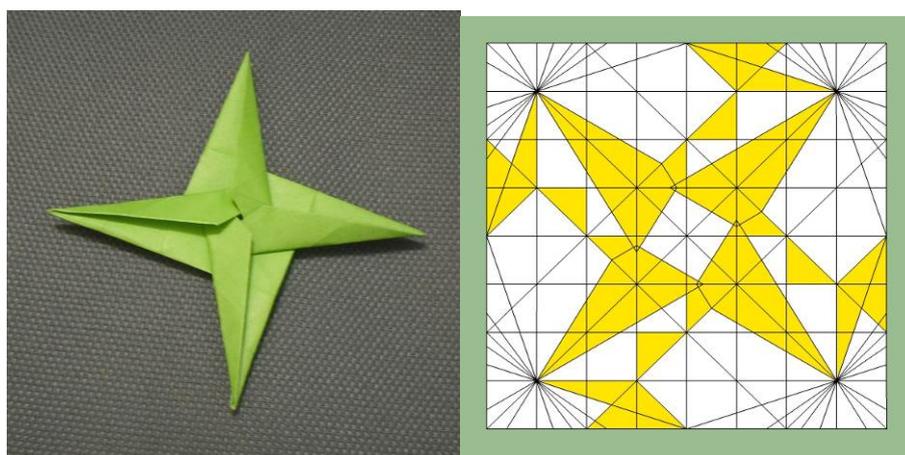


圖 22 十字星標成品及對應之摺痕圖

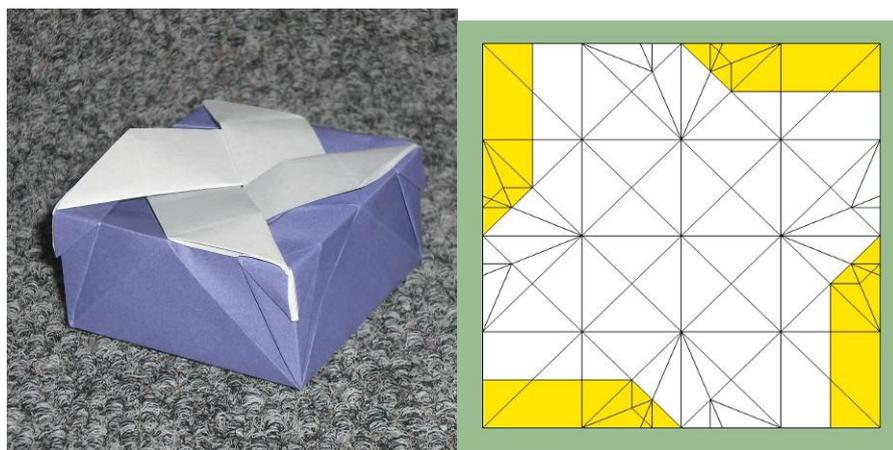


圖 23 小禮物盒成品及對應之摺痕圖

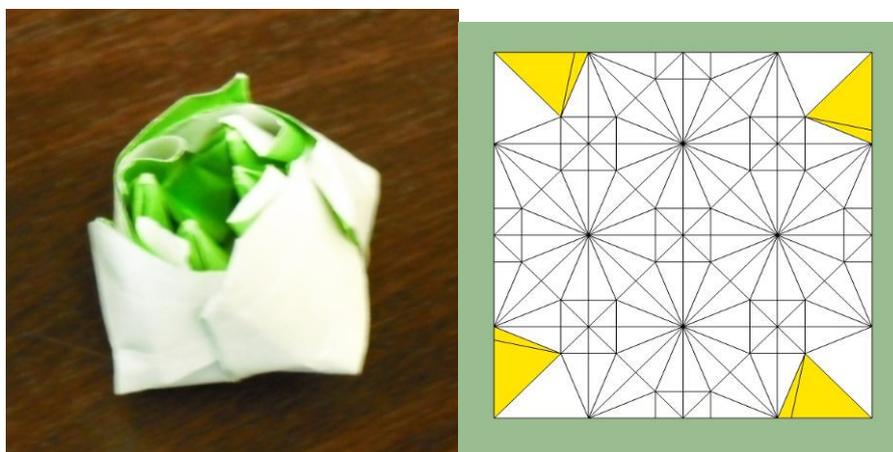


圖 24 花苞成品及對應之摺痕圖

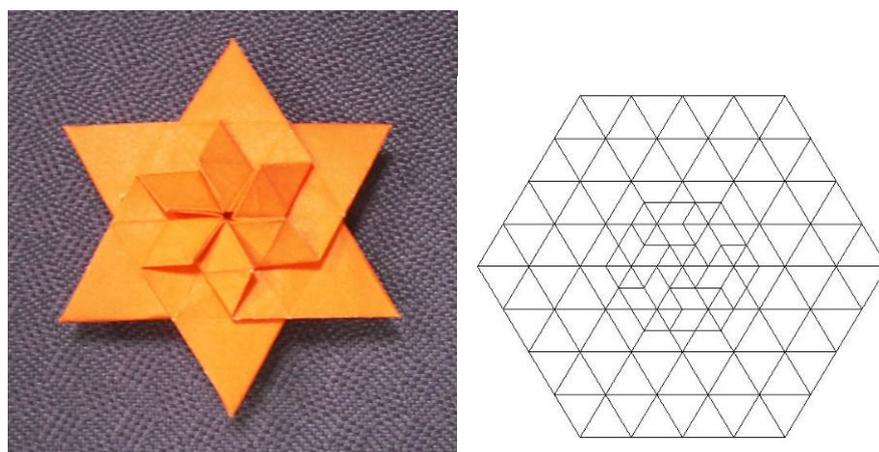


圖 25 螺旋六角雙星成品及對應之摺痕圖

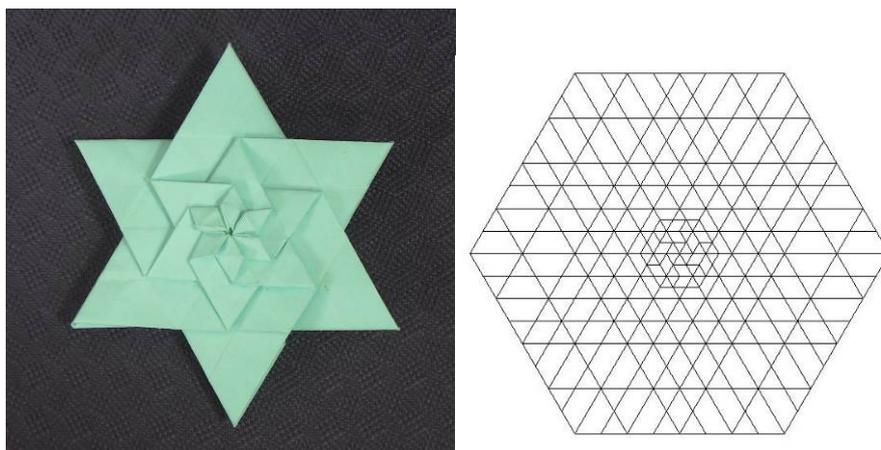


圖 26 螺旋六角三星成品及對應之摺痕圖

(三)螺旋摺法數學關係

螺旋摺法利用重疊及螺旋關係創造出螺旋輻射狀突出基礎，據以直接創作作品，或是進一步在一次利用重疊及螺旋關係衍生出更複雜的摺紙作品。進階者看似複雜，但原理相同，且情況較多，所以在此不做說明，此處僅就一次性重疊及螺旋所造成的成果作說明。進行重疊及螺旋時基本上會有二種選擇情況，一為內外多邊形角落的方向相同，二為內外多邊形角落的方向交錯，但其實在基部突出部分的角度都是相同的。四邊形的螺旋摺法重疊後由於已用掉二次 90° ，遺留的部分復因重疊關係產生 90° 的突出；五邊形的螺旋摺法重疊後會用掉二次 108° ，遺留的部分復因重疊關係產生 72° 的突出，以此類推，可以整理出數學關係式，式 1 為突出角度與邊數之關係方程式，式中 n 為多邊形之邊數，圖 23~26 分別為為四、五、六、八邊形重疊區與突出區之幾何位置示意圖。

$$\text{突出區角度} = \left(360^\circ - \frac{360^\circ}{n} \times 2 \right) \div 2 = 180^\circ - \frac{360^\circ}{n} \quad (1)$$

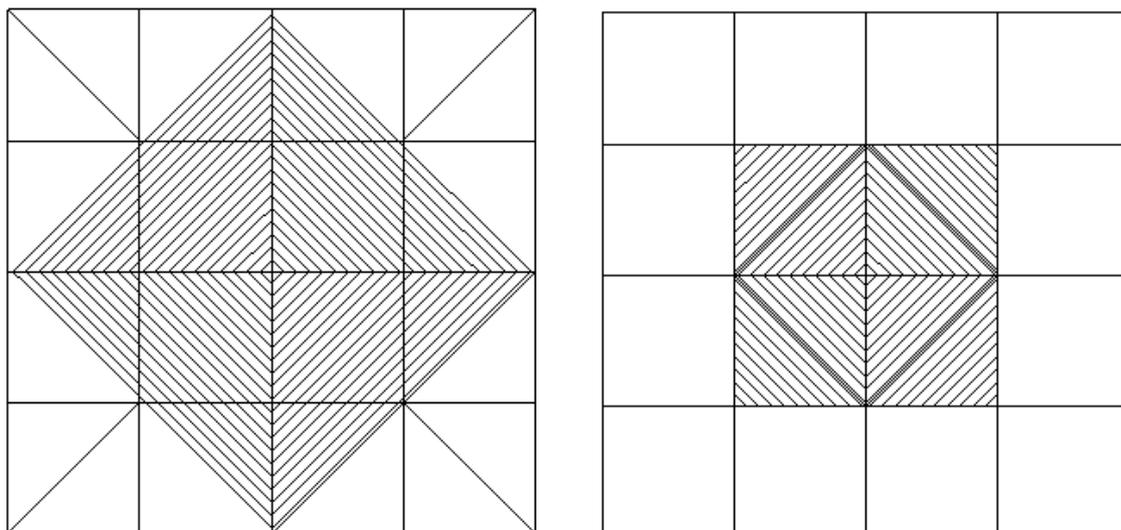


圖23 四邊形重疊區與突出區之幾何位置示意圖

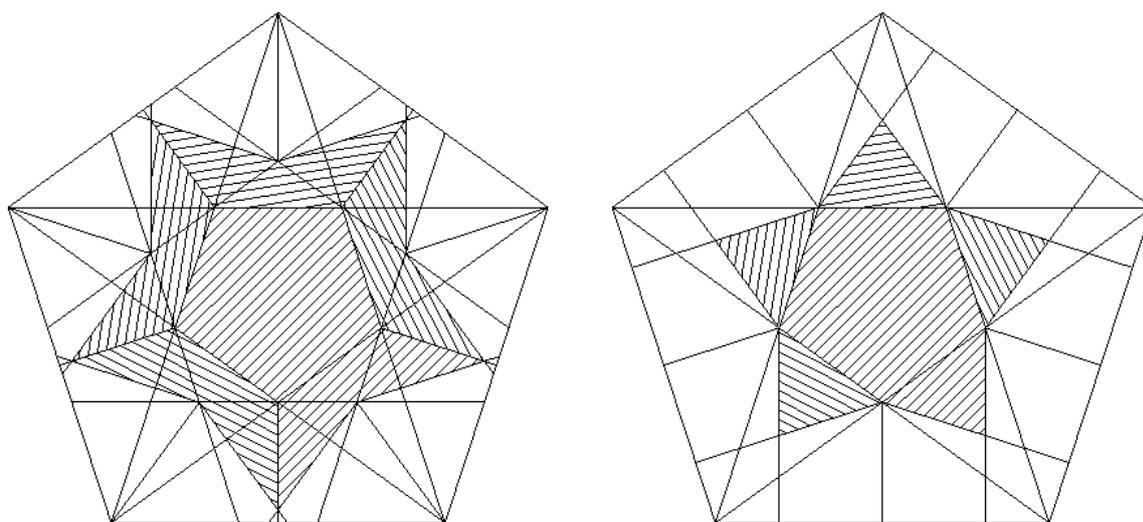


圖24 五邊形重疊區與突出區之幾何位置示意圖

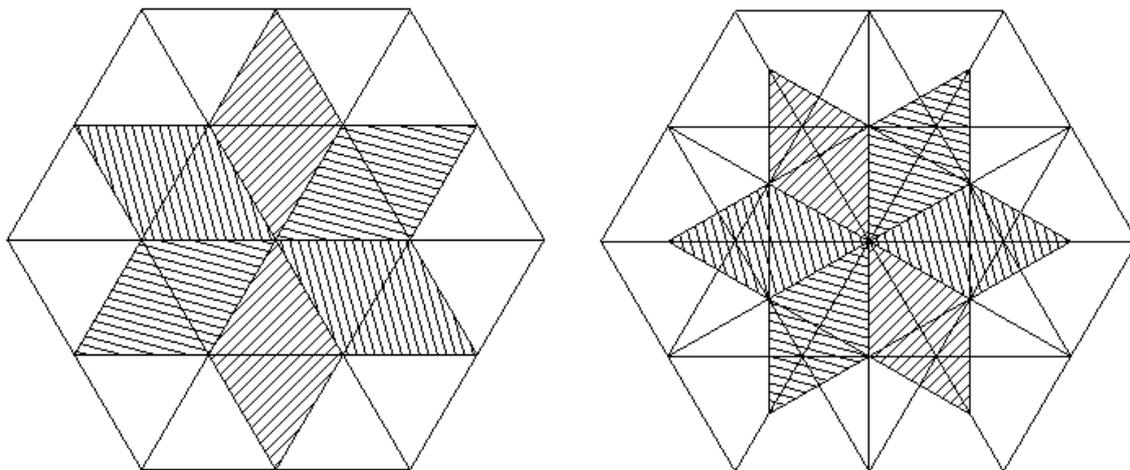


圖25 六邊形重疊區與突出區之幾何位置示意圖

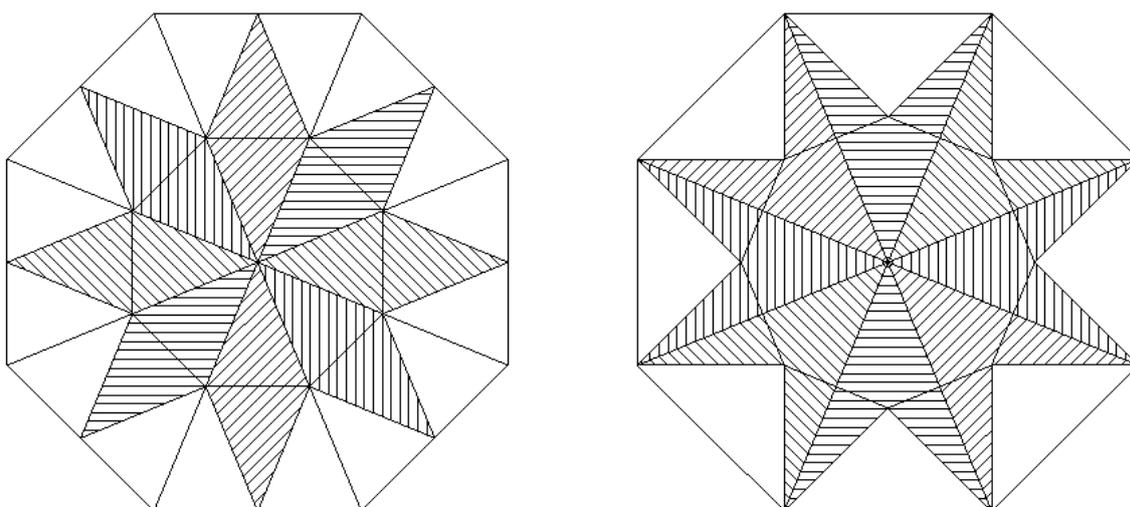


圖26 八邊形重疊區與突出區之幾何位置示意圖

肆、研究結果與討論

1. 螺旋摺法基本上都是從正多邊形出發，透過重疊及螺旋摺法的技巧創造出螺旋輻射狀之突出，再進一步活用突出部位或是再次運用螺旋摺法來創作作品。
2. 同樣為求增加突出部位，螺旋摺法相較於其他方法會有較少疊層的優勢，且重疊部分深度不同，也會反映出差異相當大的效果。
3. 螺旋摺法可以與其他種摺法結合，本文為求凸顯螺旋摺法的特性，本研究僅列一小部分提供參考。
4. 進行重疊及螺旋時基本上會有二種選擇情況，一為內外多邊形角落的方向相同，二為內外多邊形角落的方向交錯，顯現之突出性質不同，但其實在基部突出部分的角度都是相同的。
5. 一次性重疊及螺旋所造成的成果是固定不變的，四邊形的螺旋摺法重疊後由於已用掉二次 90° ，遺留的部分復因重疊關係產生 90° 的突出；五邊形的螺旋摺法重疊後會用掉二次 108° ，遺留的部分復因重疊關係產生 72° 的突出，以此類推，可以整理出統一的數學方程式。
6. 多次性的重疊及螺旋會造成排列組合的效果，變化相當大，善加運用將可以開創出獨特的創作途徑，是值得深入探討的課題。
7. 螺旋摺法不只運用於平面作品之創作，透過設計及計算，螺旋摺法可創作更吸引人的立體作品，如花苞、玫瑰花苞、川崎玫瑰、筆筒、學士帽、方碗、碗公等。

伍、結論

1. 螺旋摺法可以透過重疊及螺旋摺法的技巧突破幾何限制，創造出螺旋輻射狀之突出，作為進一步創作或是再次運用螺旋摺法的基礎。
2. 進行螺旋摺法時一般會有二種選擇情況，一為內外多邊形角落的方向相同，二為內外多邊形角落的方向交錯，在基部突出部分的角度都是相同的，但可以建立不同性質的幾何突出，形成不同的基礎。
3. 一次性重疊及螺旋所造成的成果是固定不變的，遺留的部分復因重疊關係產生固定的角度，與邊數形成關係式，在運用時可以作為計算的工具。
4. 多次性的重疊及螺旋會產生多種幾何組合可能性，是值得深入研究的創新設計大道。
5. 螺旋摺法不只運用於平面作品之創作，透過設計及計算，螺旋摺法可創作更吸引人的立體作品。
6. 只要經過設計，螺旋摺法仍然可以與其他種摺法結合，也是值得進一步研究發展的摺法。

參考文獻

1. 林世洪(民93)：「激盪創意，突破限制」，93年創造力及創意研討會，p.1~10，11月。
2. 林世洪(民94)：「創意摺紙藝術推廣計畫執行成效之檢討」，第二屆創意的發想與實踐研討會，pp.225~232.，11月。
3. 林世洪(民96)：「創新技法在創意摺紙藝術創作及教學上之應用」，「第四屆創意的發想與實踐研討會」，苗栗。
4. 林世洪(民100)：「多突出摺紙技法之剖析研究」，2011年健康休閒產業與管理國際學術研討會，中壢。
5. 林世洪(民100)：「主從式摺紙技法之剖析與應用研究」，2011國際設計學術研討會設計領航—永續·文化·數位加值，雲林。
6. 林世洪(民100)：「均衡式摺紙技法之創建」，藝創設計101學術研討會，新竹。
7. 林世洪(民100)：「多突出摺紙技法在摺紙藝術創新設計應用之探討」，南亞學報。
8. 林世洪(民101)：「螺旋式摺法在摺紙藝術創作上之應用」，「2012創意與創新設計學術研討會」，新竹。
9. 林世洪(民102)：「代表性摺紙藝術作品數位資料庫之建立」，「2013 設計與創意加值學術研討會」，新竹。
10. 林世洪(民102)：「龍舟」，「2013 設計與創意加值學術研討會創意設計作品展」，新竹。
11. 林世洪(民101)：「以單位摺痕密度作為摺紙作品分級參考指標之可行性探討」，南亞技術學院100年度教師專題研究計畫成果報告。

12. 林世洪(民103)：「代表性摺紙藝術作品數位資料庫之建立」，桃園創新技術學院102年度教師專題研究計畫成果報告。
13. 林世洪(民101)：「創意摺紙藝術產業發展可行性探討」，南亞技術學院建教合作專案研究計畫成果報告。
14. 林世洪(民102)：「摺紙藝術分類法研究」，桃園創新技術學院產學合作計畫成果報告。
15. 林世洪(民103)：「摺紙藝術分類法研究II」，桃園創新技術學院產學合作計畫成果報告。
16. 江金石翻譯，高濱利惠著(民70)：「世界折紙遊戲」，大坤書局，三版，1981。
17. 張秀慧翻譯，フチモト ムネジ著(民100)：「一張色紙DIY摺出機器人」，東販。
18. 潘文良(民94)：「樂在摺紙中」，棋茵出版社。
19. <http://www.youtube.com/watch?v=OSvhDxLAlDk>
20. 摺紙的網站<http://www.tacocity.com.tw/folds/class.htm>。
21. <http://crazycat1130.pixnet.net/blog/post/1345494>。
22. <http://www.origami-club.com>。
23. <http://tw.myblog.yahoo.com/eaglesuker/article>。
24. 林世洪，「林世洪的創意摺紙世界」網站www.taconet.com.tw/linsh5488。
25. 林世洪(民95)：「林世洪的創意摺紙世界1」，12月。
26. 林世洪(民97)：「林世洪的創意摺紙世界2」，4月。