

南亞技術學院教師專題研究計畫 成果報告

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

計畫編號：教專研 100P-019

計畫類別：個別型計畫

執行年度：100 年度

執行期間：100 年 1 月 1 日至 100 年 12 月 31 日

計畫主持人：林世洪

執行單位：視覺傳達設計系

研發小組審查：同意結案 不同意結案 簽名：李伊平
(審查人不得與計畫主持人相同)

中華民國一百年十二月三十一日

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

林世洪

視覺傳達設計系

摘要

摺紙藝術的發展已相當久遠，因其具有入門門檻低、取材容易之優點，故常被採用作為兒童眼手協調之訓練單元。至於較為深入的創意摺紙藝術，則困擾於目前所開發出來的摺紙作品種類繁多，作品間難易度差距頗大，在定義及認知上尚無較為一致客觀的分級標準。本文針對摺紙藝術作品之各種特性進行探討，建立「單位摺痕密度」標準，並以較具代表性摺紙藝術作品進行檢驗。成果顯示「單位摺痕密度」確實可以反映出動作數、精密度等之難易度特徵，可以作為客觀且普遍適用的「摺紙作品分級參考指標」，提供教學者評估摺紙作品難易等級及評量學習者程度之參考依據。

關鍵字：摺紙藝術、摺痕圖、單位摺痕密度

壹、緒論

摺紙藝術的發展已相當久遠，因其具有入門門檻低、取材容易之優點，故常被採用作為兒童眼手協調之訓練單元。至於較為深入的創意摺紙藝術，則因目前所開發出來的摺紙作品種類繁多，且難易度差距頗大，在定義及認知上尚無較為一致客觀的分級標準，對於推廣教學及評量上造成困擾。環諸國內外各相關摺紙藝術推廣及教學單位及網站，發現多半均採用種類為主要分類方式，較少針對難易程度分類。少數雖以難易程度分類，但卻是憑藉創作人或是整理出版者的個人觀點作為分級依據，所建立的分級制度相當粗糙而且標準不一致。分級制度不完善會造成在進行摺紙教學或是推廣活動時，因為學員背景深度不同，對於作品「難」、「易」感受程度有異而產生許多困擾，例如在基礎作品上不熟練情況下就提出跳級要求學習較難作品之製作，或是對於學習者學習效果之評估工作等等。本文希望建立一種更精細、量化的、客觀且普遍適用的「摺紙作品分級參考指標」，提供教學者評估摺紙作品難易等級及評量學習者程度之參考依據。

貳、文獻探討

一般認為在造紙術成熟後，摺紙藝術就開始發展，惟因始終未被視為主流藝術，作品保存不易等因素影響所及，精確起源已不可考。但因其具有入門門檻低、取材容易之優點，故常被採用作為訓練兒童眼手協調單元之參考資料[1-4]，但卻也是市面上較為普及的書籍。在國內外通常都面臨相同的困境，有興趣者多，願意學習者少，導致相關活動逐漸消失，各網站也都處於停滯情況，這對折紙藝術之發展傷害相當大。經搜尋後找到一些還存在且較具規模的網站，瀏覽其內容，發現多半仍是以種類作為區分標準，並未反映難易度，由於往往將簡單作品與艱深作品並列，個人認為這將造成學習者取捨的困擾[5-9]，僅有少數網站針對難易度稍加分類[10-11]。而難易度的定義相當主觀，無較為一致客觀的分級標準，形成相當混亂的局面。

至於摺痕圖相關資訊則在書籍及網站內都找不到較為完整的描述，個人之研究應該算是最早有系統的研究，本文將研究成果公諸於世，期盼收到拋磚引玉的效果。

個人多年來致力於將摺紙藝術學術化，2004年在「93年創造力及創意研討會」發表「激盪創意，突破限制」論文，探討創意發想在摺紙藝術創作之實際應用[12]；2005年在「第二屆創意的發想與實踐研討會」發表「創意摺紙藝術推廣計畫執行成效之檢討」論文，探討創意摺紙藝術發展現況、遭遇之困擾及未來的展望[13]。2007年在「第四屆創意的發想與實踐研討會」發表「創新技法在創意摺紙藝術創作及教學上之應用」，探討創新技法與摺紙藝術創作之關聯性[14]；2011年在「2011年健康休閒產業與管理國際學術研討會」發表「多突出摺紙技法之剖析研究」[15]；在「2011國際設計學術研討會設計領航—永續·文化·數位加值」發表「主從式摺紙技法之剖析與應用研究」[16]；在「藝創設計101學術研討會」發表「均衡式摺紙技法之創建」[17]。以整理出相當多可以作為分類或分級的基本參考規則。

參、摺痕圖與單位摺痕密度

一、摺痕圖

個別摺紙作品具有其特定對應的「摺痕圖」，一般而言，較難製作的作品因為「摺」的動作較多，在紙上留下的摺痕也會較多，因此「摺痕圖」可以直接反映出製作的複雜程度，圖1為最普及的摺紙作品—鶴的「摺痕圖」。但實際上，比較相同摺法特徵之「摺痕圖」，的確可以輕易的區分出難易程度之差異性，但要從不同摺法特徵之「摺痕圖」中比較出難易程度關係，卻有無從客觀比較的困擾。此外，不同作者審美觀點也不相同，對於作品之細部修飾要求也不相同，因此「摺痕圖」的製作必須排除細部修飾部分，以作品粗胚階段為基礎製作「摺痕圖」，才能客觀的進行難易度比較。另外，由於摺紙作品的實際摺痕會受到紙張厚度影響而偏離理論上之精確位置，或是所殘留之摺痕相當不明顯，因此在繪製「摺痕圖」時必須反覆參酌摺疊幾何關係，逐一予以歸正，再進行「摺痕圖」之製作，以避免因為遺漏部分摺痕而導致量化成果不精確。

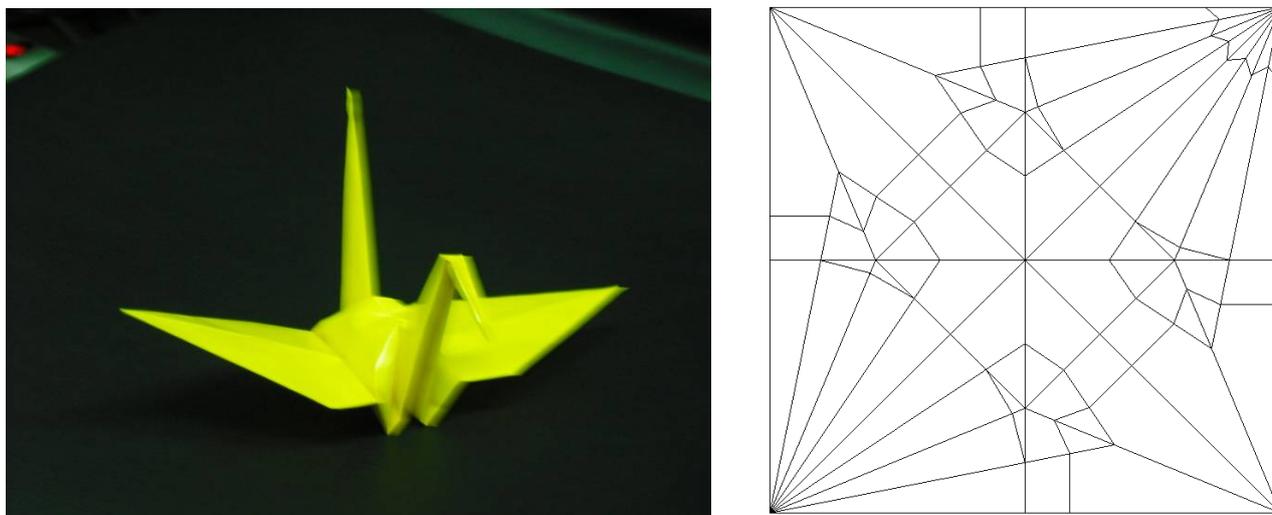


圖1 「鶴」實體相片及摺痕圖(單位摺痕密度：19.381)

二、單位摺痕密度

由於技藝背景深度因素，不同的人對於相同的摺紙作品通常也會產生不同的「難」、「易」感受，這對於教學及學習者來說會是相當大之困擾。個人累積多年摺紙藝術教學及推廣經驗，廣泛蒐集學習者對於各種摺紙作品「難」、「易」之感受，整理出三項主要影響因子—動作數、精密度要求、製作時間。其中精密度要求及製作時間受人為因素影響較深，比較可以客觀量化者僅有「動作數」一項，但「動作數」會受到成品大量細部修飾動作之影響，作為評估標準會有失準的缺點。本文創立與「動作數」關係密切的「單位摺痕密度」作為評估標準，其仍具有「動作數」的特徵，但可以大幅降低「細部修飾動作」的權重，避免人為因素對量化指標之干擾，相當適合作為量化摺紙作品難易程度之評估標準。

所謂「單位摺痕密度」係指在製作摺紙作品過程中，在單位面積紙上所形成之總摺痕長度。如為 1:1 之正方形紙，「單位摺痕密度」是邊長等於 1 時的總摺痕長度，如為 1:2 之長方形紙，「單位摺痕密度」是短邊長等於 $1/\sqrt{2}$ ，長邊長等於 $\sqrt{2}$ 時的總摺痕長度，以此類推。一般而言，較簡易的摺紙作品步驟少而簡單，「單位摺痕密度」也較小；較難的摺紙作品因為步驟繁多、「動作數」多，相對的，「單位摺痕密度」也較大。如圖 1 鶴的「摺痕圖」對應的「單位摺痕密度」為 19.381，圖 7「蓮花」摺痕圖對應的「單位摺痕密度」為 53.816，相差約三倍。

肆、研究方法與成果

一、作品難易度分級

本文參考相關網站之內容及分類，累積個人多年推廣創意摺紙藝術教學之經驗，挑選出 20 種較具代表性之作品作為基礎樣本，進行量化指標探討，先依其特性及難易程度粗分成入門、初級、中級、高級、挑戰級五級，表 1 為 20 種摺紙作品難易度分級表。

表1 現行摺紙作品參考分級表[11]

等級	作品名稱
入門	元寶、百合花、方桌、鶴、官帽、香爐、跳蛙...
初級	雙心、低背單座沙發、方形九格盒、企鵝、單人船...
中級	單座沙發、蓮花、豬、松鼠、鸚鵡、雙人船...
高級	騎駝鳥、狗、金龜子、大象、暴龍、駱駝...
挑戰級	螃蟹、蜈蚣、騎馬、騎象、鍬形蟲、雙人翹翹板、龍舟...

本文為求精確計算出各作品之「單位摺痕密度」，參考製作後再攤開之摺痕，根據經驗推算出各道摺痕精確的相對幾何位置，再以 AutoCAD 繪圖軟體繪製摺痕圖，並利用內建功能逐一計算每一摺痕之長度，累計所有摺痕之長度成為總摺痕長度，再進一步轉換成單位面積時對應之「單位摺痕密度」。由計算「單位摺痕密度」的過程中發現，最令人困擾的是相同作品因個人細部修飾要求不一致而產生看似不同但實質差異相當微小之摺痕圖，這些差異通常是因為個人審美觀點不同所致，由於細部修飾所造成摺痕的相對長度對總摺痕長度來說相當短，對所計算得之「單位摺痕密度」影響相當小，所以在建立

「摺痕圖」時可以予以忽略，或是直接以接近成品之粗胚製作「摺痕圖」作為代表。

圖 2~7 分別為各級中最具代表性的摺紙作品—「元寶」、「百合花」、「低背單座沙發椅」、「方形九格盒」、「騎鴛鳥」、「蓮花」的相片及對應之「摺痕圖」。理論上，比較不同作品之「摺痕圖」，應該可以比較出摺紙作品的複雜關係，同時也可以看出不同作品所擁有的特性。

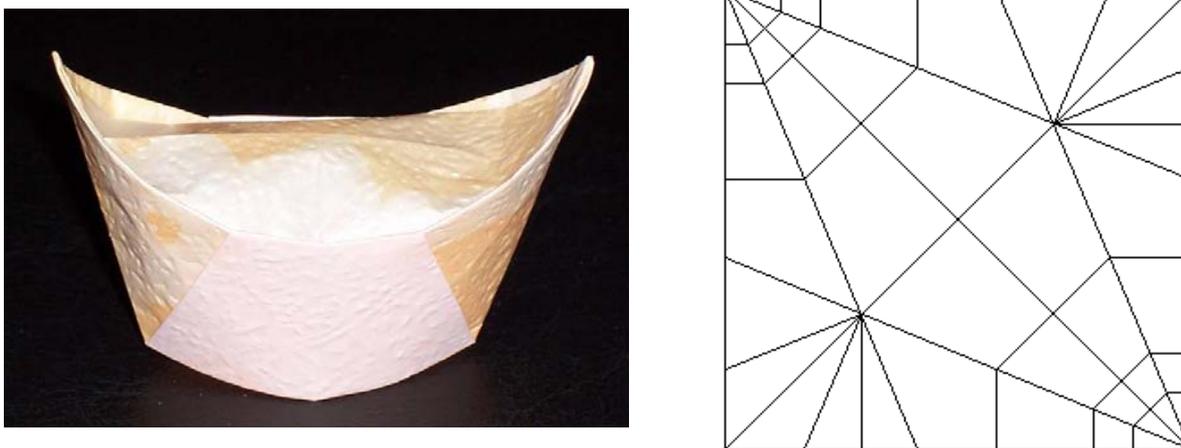


圖 2 「元寶」實體相片及摺痕圖(單位摺痕密度：11.473)[11]

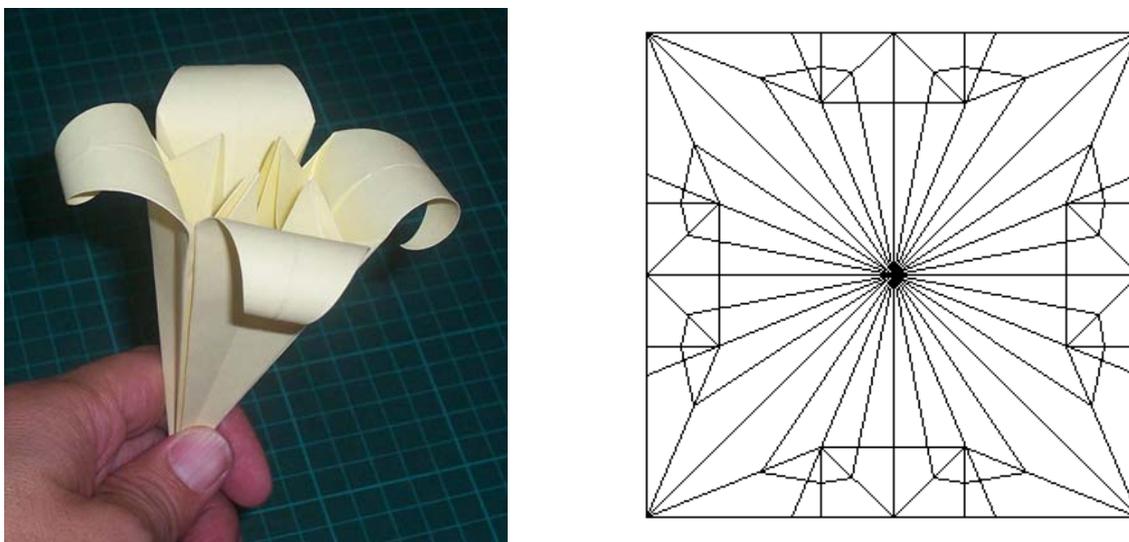


圖 3 「百合花」實體相片及摺痕圖(單位摺痕密度：25.048)[11]

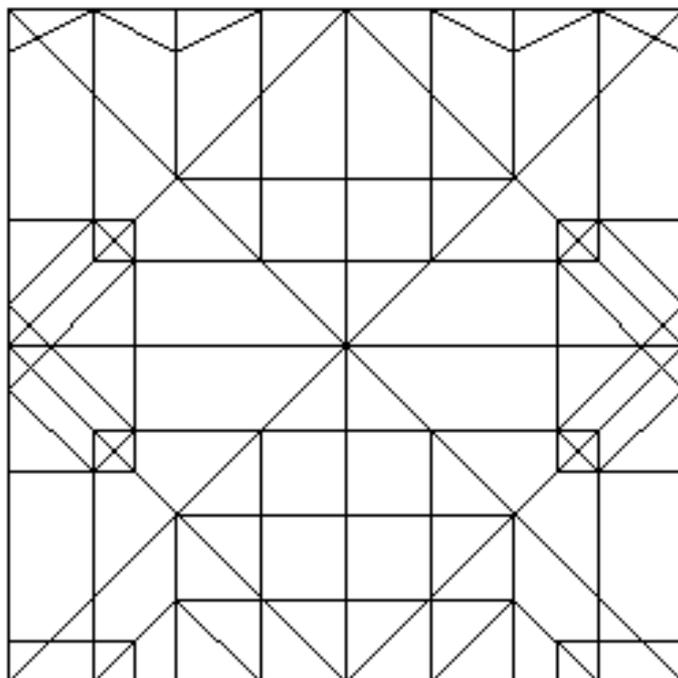


圖 4 「低背單座沙發椅」實體相片及摺痕圖(單位摺痕密度：20.324) [11]

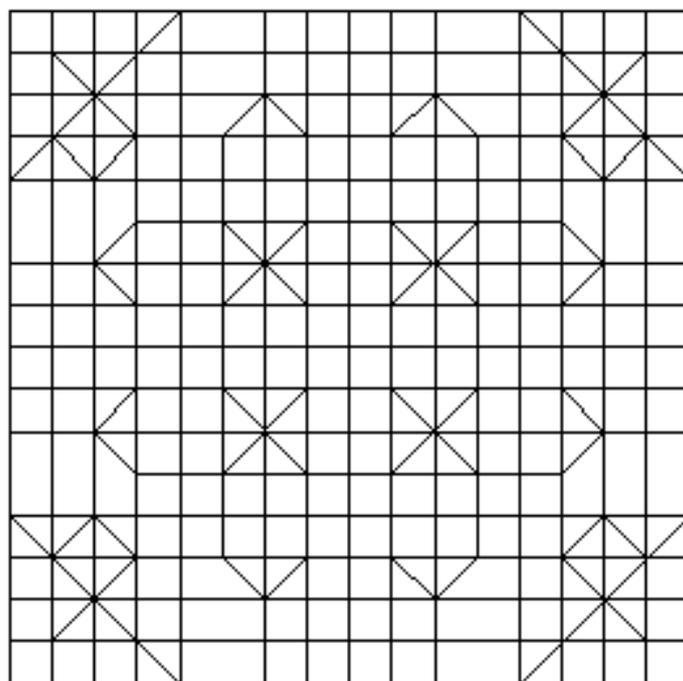


圖 5 「方形九格盒」實體相片及摺痕圖(單位摺痕密度：34.157) [11]

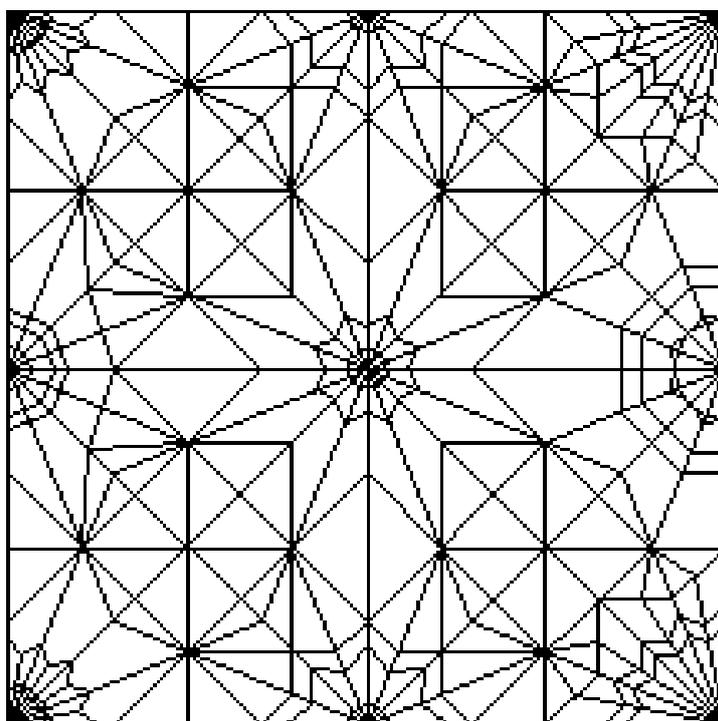


圖 6 「騎駝鳥」實體相片及摺痕圖(單位摺痕密度：42.209) [11]

主從式摺紙技法」、「均衡式摺紙技法

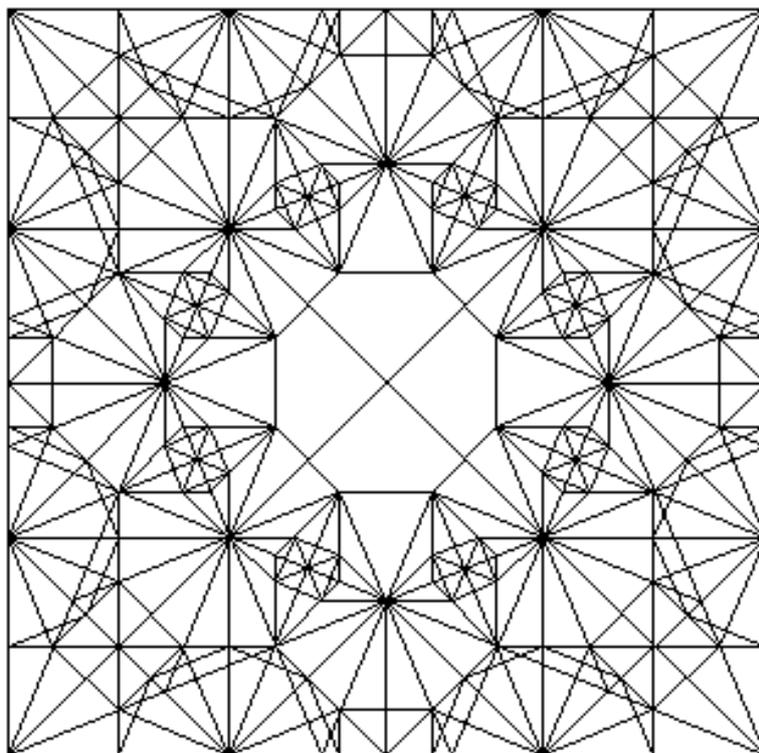
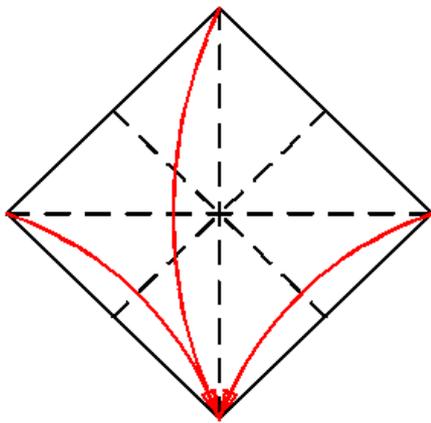


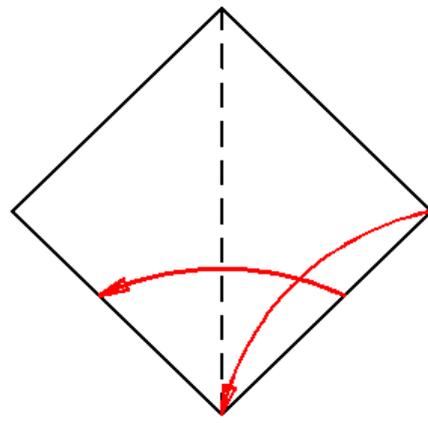
圖 7 「蓮花」實體相片及摺痕圖(單位摺痕密度：53.816)[8]

二、主從式摺紙技法

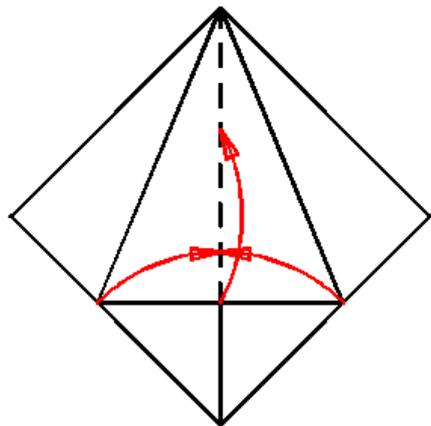
由於摺紙作品步驟繁多，解說不易，為完整說明製作過程，通常會採用分解圖示法作為輔助，此法具有幾何線條清晰的優點，所以不論是摺紙書、教學講義或是網路公開資訊幾乎都會加以採用，一般人只要稍加練習即能學會判讀方式。早期，分解圖大都是用手繪為主，惟近年來，數位照相機及工程繪圖軟體相繼被引入摺紙界，以數位照相機拍攝過程，再後製加繪動作指示線及說明，具有真實及快速的優點。而工程繪圖軟體則具有取得容易，內建功能強大，摺紙作品製作過程步驟雖多，但可以利用複製、修飾等方法將所有過程快速繪製出來，有了良好工具的支援，未來在製作摺紙作品分解圖就更方便，推廣工作也將更容易進行，圖 8 為「主從式摺紙技法」之過程分解圖。



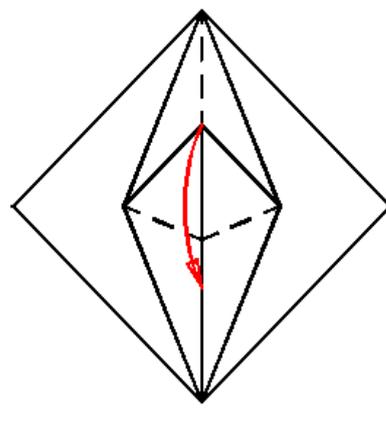
(1)四角合併



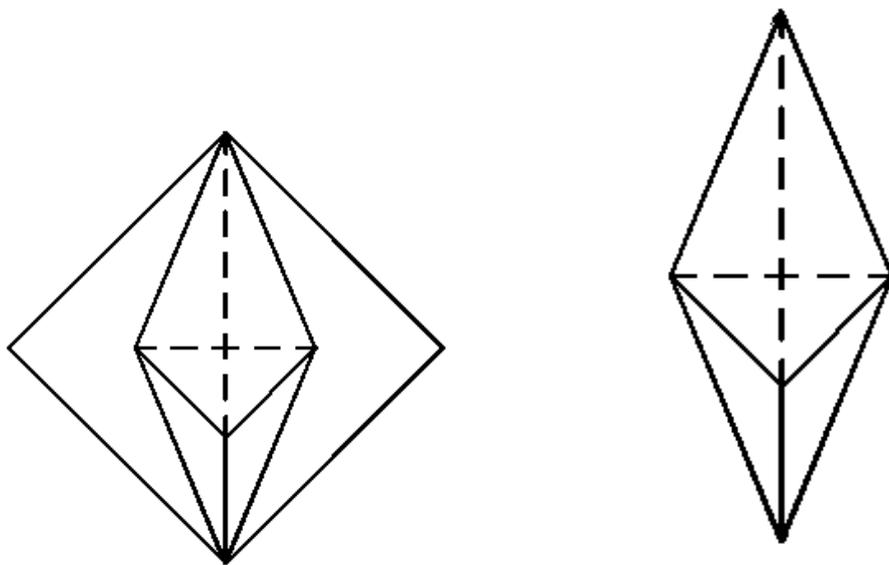
(2)單片打開攤平



(3)上拉二側集中



(4)短突下摺



(5)其他三片相同摺法

(6)完成

圖 8 為「主從式摺紙技法」之過程分解圖

通常摺紙創作就是利用各種基礎摺法將個別突出部位彎摺至設計的幾何位置，就可以製作所創造的摺紙作品。而「主從式摺紙技法」擁有 5 個長度相當的突出部位，可以創作的作品就更多，本節逐一將前述採用為基礎的幾種作品加以剖析，將作品中各突出部位回歸到摺痕圖上，藉以說明「主從式摺紙技法」之應用實況，提供後續研究之參考，「百合花」將中央突出部位保留為花本體，四角突出部位摺成花瓣，四邊中央短突有花蕊意象，增添作品之外形，圖 9 為「百合花」之幾何位置摺痕圖；「展翅天鵝」犧牲四邊短突出，隱藏中央突出部位，並伸長四角突出部位，其中之一摺成頭頸，一為身體，剩下二片可以張開之翅膀，圖 10 為「展翅天鵝」之幾何位置摺痕圖；「袋鼠」與「展翅天鵝」有些相似，四角突出部位摺成頭頸、雙腳及尾，中央突出部位平貼成身體中段，比較特別的是設法在紙中央區域摺出二突出以摺出前肢，形成完整的形體，圖 11 為「袋鼠」之幾何位置摺痕圖。

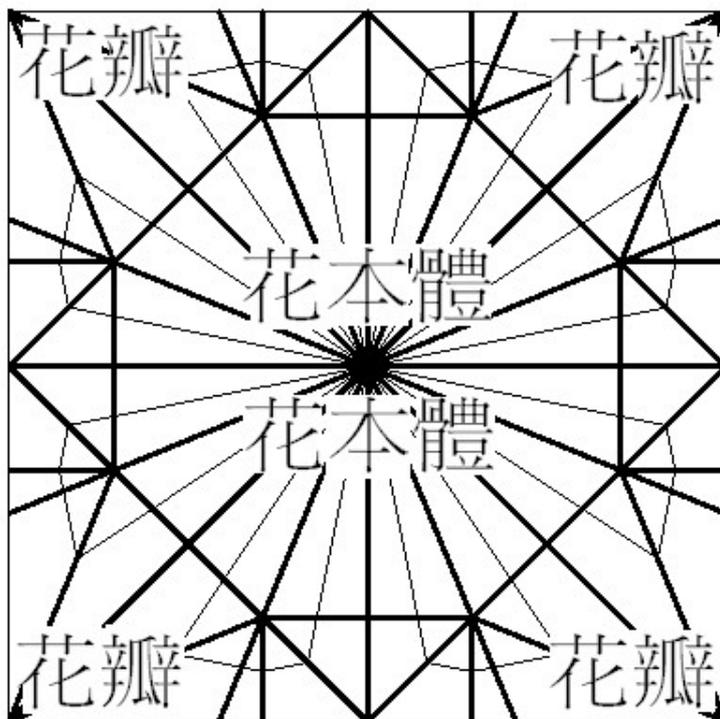


圖 9「百合花」之幾何位置摺痕圖

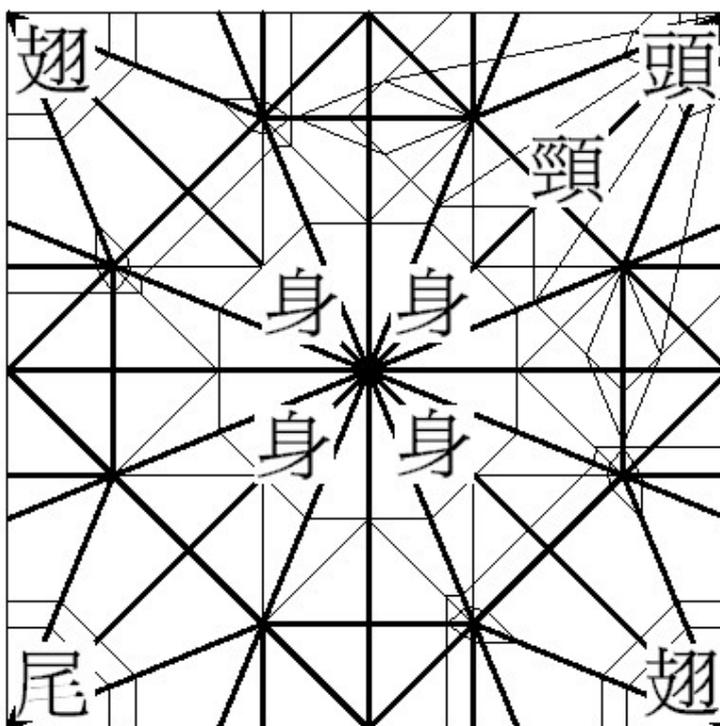


圖 10 「展翅天鵝」之幾何位置摺痕圖

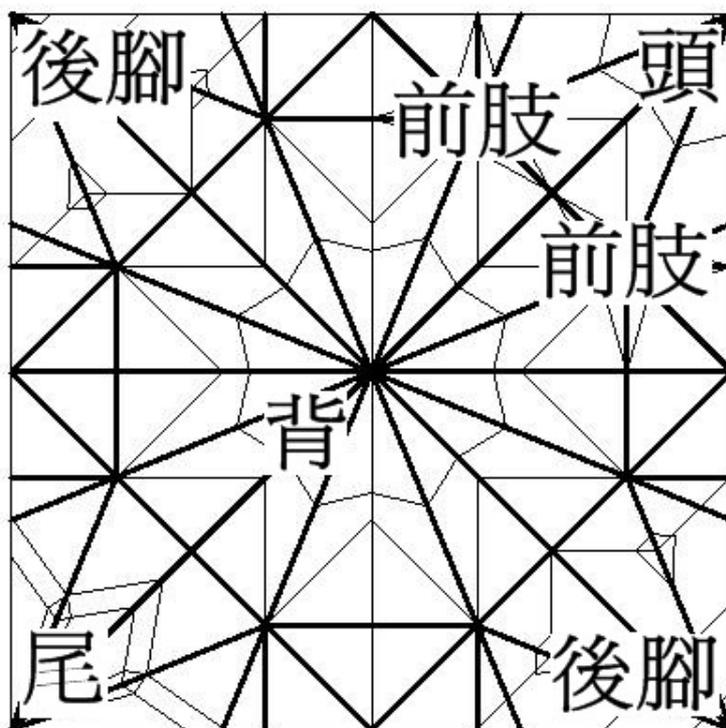


圖 11 「袋鼠」之幾何位置摺痕圖

三、均衡式摺紙技法

通常突出部位越多，摺紙創作的限制就越少，本文以相對於「主從式摺紙技法」二倍大的紙張，示意圖如圖 12。圖中央傾斜 45°角粗線正方形為「主從式摺紙技法」所使用的部份，利用雙重內縮的摺法將圖中灰色區域內摺，使得紙的四角內縮至與「主從式摺紙技法」所製造的突出部位相同長度，形成擁有 9 個突出部位的摺紙基礎，相當於將「主從式摺紙技法」之短突出加以延伸。由於此法所製造的 9 個突出部位長度相同，具有均衡特性，因此命名為「均衡式摺紙技法」。

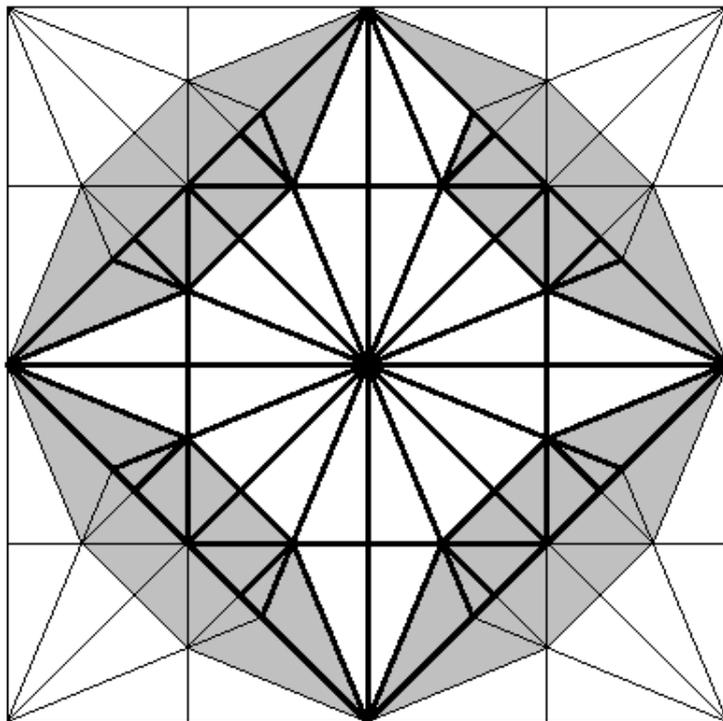


圖 12 「均衡式摺紙技法」之摺痕圖

「均衡式摺紙技法」從「主從式摺紙技法」發展而來，由於初始及收尾階段多了一些程序，自然難度也會增加，但可以擁有 9 個突出部位，發展性較大，仍是值得的。此法與「主從式摺紙技法」相同，摺疊時均有精確目標點線可以依循，具有標準化摺疊程序，過程中不需考慮自由角度及位置之問題，相當適合作為教學時之題材。圖 6 「騎駝鳥」及圖 13~圖 18 均為以「均衡式摺紙技法」研發出來之作品，其中後面五種係以進階版「均衡式摺紙技法」創作之作品，可以看出「均衡式摺紙技法」可以創造出相當多樣的作品，據有很強的發展性。

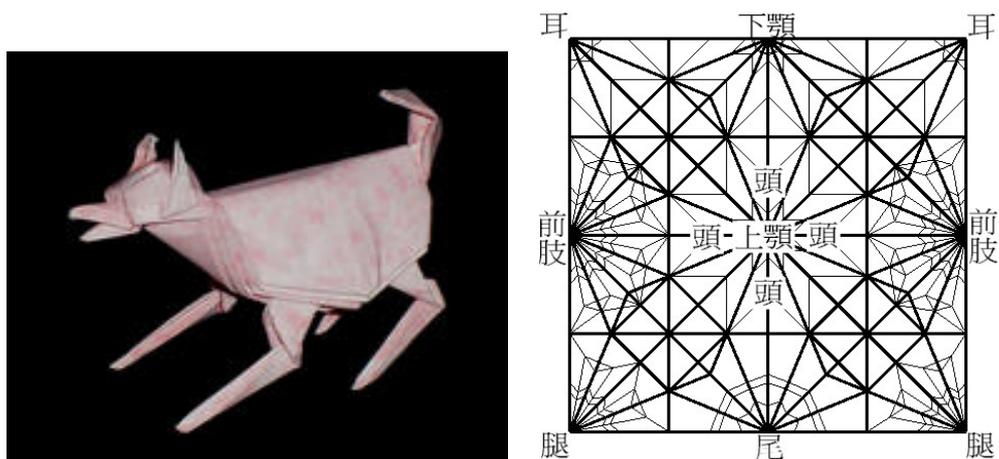


圖 13 「狗」作品照片及摺痕圖

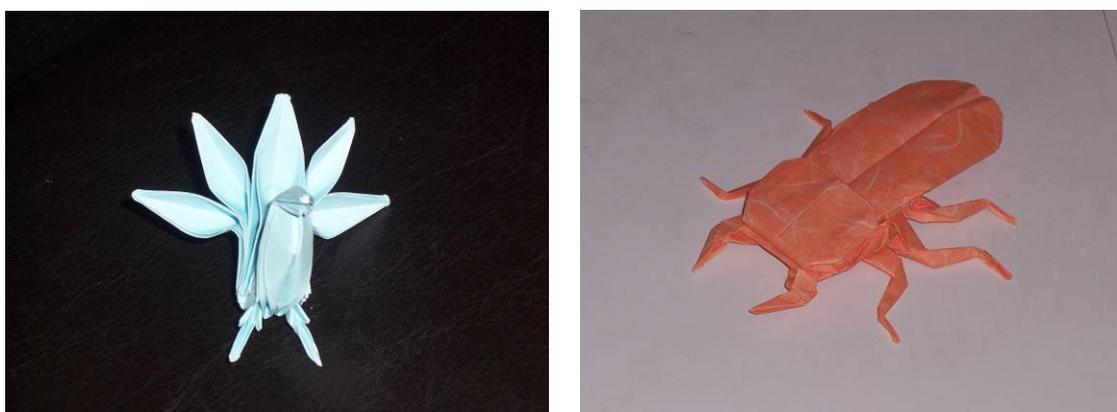


圖 14 「孔雀」、「鍬形蟲」作品照片

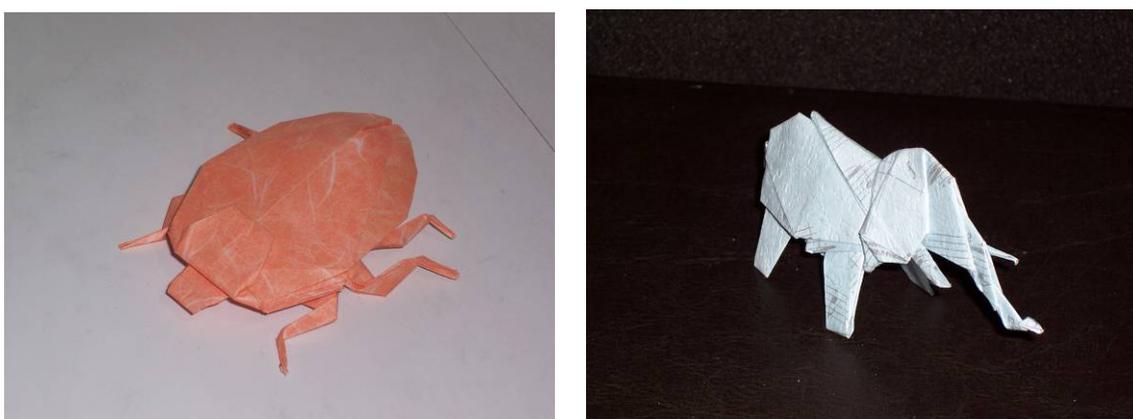


圖 15 「金龜子」、「大象」作品照片



圖 16 「長頸鹿」、「二郎神與嘯天犬」作品照片



圖 17 「螃蟹」、「騎馬」作品照片



圖 18 「騎大象」、「蜈蚣」作品照片

四、成果整理

本文依據現有參考分級表逐一製作作品，繪製摺痕圖，計算單位摺痕密度後整理出下列數點成果：

1. 使用相同摺法之作品，其難易度確實與單位摺痕密度成相同發展趨勢，確實可以單位摺痕密度數值作為參考加以分級，這在「主從式摺紙技法」與「均衡式摺紙技法」系列作品中可以得到印證。
2. 本文研究結果與現有主觀比重較大的分級方式結果大致相同，但在不同摺法間則會有所差異，個人認為不同種類所使用之基礎摺法不同所致，因此單純以單位摺痕密度作為一體適用之分級參考仍有待修正。
3. 相同基礎摺法之作品，在進入進階階段時，其難度會有陡增現象，雖然單位摺痕密度數值也會增加，但個人認為仍不足以反映其難度，考慮加上權重作為修正。
4. 本文研究過程針對「主從式摺紙技法」與「均衡式摺紙技法」系列作品作較完整分析，並將成果發表於相關研討會，為本研究另一重收穫。

伍、結果與討論

1. 由於每一種摺紙作品所採用之摺紙方法均不相同，因此個別摺紙作品都會有其特定對應的「摺痕圖」，且會在「摺痕圖」上呈現所採用方法之特徵，相似作品間會擁有相同之主要特徵，可以作為摺法分類的依據，亦可以簡化計算相似摺紙作品摺痕長度的工作。
2. 研究過程也整理出「主從式摺紙技法」、「均衡式摺紙技法」二種主要方法，未來可以以此基礎再進一步研究探討其他技法，在難易度分級上也可以考慮加入摺法因素，將會更客觀。
3. 摺紙作品的摺痕會受到紙張厚度影響而偏離理論上之精確位置，或是所殘留之摺痕相當不明顯，因此在繪製「摺痕圖」時必須反覆參酌摺疊幾何關係，逐一予以歸正，再進行「摺痕圖」之製作，以避免因為遺漏部分摺痕而導致量化成果不精確。
4. 本文採用之 AutoCAD 繪圖軟體，由於內建有角度、比例、延伸、複製、鏡射、對稱、線段長度計算等功能，相當適合作為繪製「摺痕圖」及計算「單位摺痕密度」之工具。
5. 本文以計算「摺痕圖」的「單位摺痕密度」方法，探討 20 種作品之難易程度，成果如表 2 及圖 7 所示，由表圖中明顯看出「單位摺痕密度」可以更精細區分出作品間之難易程度差異，說明量化指標的價值及優勢。
6. 非正方形紙所製作之摺紙作品通常較正方形紙複雜，若以單元複雜程度相當的作品相比較，非正方形紙的「單位摺痕密度」會較正方形紙來的大，其值約為非正方形紙的長短邊比值，明確凸顯複雜摺紙作品的製作難度。

陸、結論

1. 個別摺紙作品具有其特定對應的「摺痕圖」，由「摺痕圖」中可以看出摺紙作品的特性及複雜程度，較複雜的「摺痕圖」表示作品的製作難度也較高。
2. 「單位摺痕密度」是從「摺痕圖」進一步分析推算出的量化指標，因此非常適合作為普遍適用的「摺紙作品分級參考指標」。
3. 使用相同摺法之作品，其難易度確實與單位摺痕密度成相同發展趨勢，確實可以單位摺痕密度數值作為參考加以分級，這在「主從式摺紙技法」與「均衡式摺紙技法」系列作品中可以得到印證。
4. 「摺痕圖」的繪製及「摺痕長度」的計算需結合摺紙技術及幾何關係深度，製作前必須具備相當程度之摺紙技術、電腦繪圖及分析基礎。
5. 非正方形紙所製作之摺紙作品通常較正方形紙複雜，以「單位摺痕密度」比較之結果亦相同，顯示「單位摺痕密度」的方向正確性。
6. 由各種摺紙作品的「單位摺痕密度」與文獻中粗分的等級相比對，變化趨勢相當一致，且因為「單位摺痕密度」係量化的指標，可以更切合實際需求進行級數及級距的探討，未來實用彈性佳，可以提供相關推廣及學習活動建立等級之參考。

參考文獻

1. 江金石(民 70)，「世界摺紙遊戲」，大坤書局，三版。
2. 潘文良(民 94)，「樂在摺紙中」，棋茵出版社。
3. 「我會折摺紙—動物篇」，興揚文化事業有限公司。
4. (民 94)「摺紙—動腦開發篇」，幼福文化事業股份有限公司。
5. http://anan1.webnow.biz/anan_04/
6. <http://myweb.ncku.edu.tw/~y1357/box/origami.html>
7. <http://www.taconet.com.tw/folding/>
8. <http://origami.paginas.sapo.pt/origami.tradicional.htm>
9. <http://en.origami-club.com>
10. <http://dev.origami.com/diagram.cfm>
11. 林世洪(民)，「林世洪的創意摺紙世界」網站。
12. 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。
13. 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。
14. 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。
15. 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。
16. 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，10 月。
17. 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，12 月。
18. 林世洪(民 95)，「林世洪的創意摺紙世界 1」。
19. 林世洪(民 97)，「林世洪的創意摺紙世界 2」。