多突出摺紙技法在摺紙藝術創新設計應用之探討

林世洪

南亞技術學院視覺傳達設計系

摘　要

創意摺紙藝術作品由於限制較多，創新設計不太容易，在多突出摺紙技法尚未開發之前，創新設計工作只能以組合各種基本技法方式進行，但因受到創意摺紙藝術的基本原則「單紙摺疊，不剪不接」限制，所能完成的作品都屬於較為簡單之作品，吸引力較為不足。多突出摺紙技法的原理係利用各種摺紙技術，設法增加紙的突出部分，以便進行後續的創新設計工作，但由於使用的技法較深，在一般書籍中並不多見，通常都隱藏於作品製作過程中。此法在製作上會使用到較複雜之製作技術，所需時間也較多，但因具有多突出的優勢，可以增加創新設計作品時的彈性，提升作品的精緻度，所以應具有相當不錯的發展性。本文以二種最為常用的多突出摺紙技法為探討目標，透過摺痕圖特徵的研究，探討多突出摺紙技法的幾何特性，及目前利用多突出摺紙技法所開發出的創意摺紙藝術作品的幾何構想，提供設計者參考。

關鍵詞：多突出摺紙技法、創新設計、摺痕圖

*Email：linsh@nanya.edu.tw　Tel：03-4361070#8901

THE APPLICATION AND DISCUSSION OF THE MULTI-PROTRUSION TECHNIQUE IN INNOVATIVE DESIGN OF ORIGAMI

Shih-Hong Lin

Department of Visual Communication Design

Nanya Institute of Technology

ABSTRACT

It is not easy to have a creative design due to many limitations in origami work. Before the multi-protrusion technique was developed, the so-called creative design of origami was merely the different combinations of basic techniques. Being confined by the principle of origami: “make with single sheet without any cut and glue”, most of the origami works can be seen as simple and unattractive. In order to develop the following innovation, multi-protrusion technique is applying the variety of origami technique to increase the number of protrusion parts. However, it is obvious that this practice is rare to be seen in the common origami books and usually hid in the process due to the higher level of complexity. Even though this technique consumes more time to employ, the finesse and variation of origami work can be improved by the advantage of multiple protrusions, and resulting in a better potential. This article focus on studying two of the most common multi-protrusion origami practice. The first one is discussing the feature of geometry in origami techniques through analyzing the characteristics of crease footprint. The geometric conception of innovation origami work which developed by multi-protrusion origami practice is the second topic. It can be assumed that this study could become a reference for origami work design in the future.

Key word: multi-protrusion origami technique, innovative design, crease footprint

*Email：linsh@nanya.edu.tw　Tel：03-4361070#8901

壹、前言

由於一般的摺紙藝術入門的門檻並不高，材料取得又很容易，因此目前在台灣有很多人有興趣學習，且普遍為幼稚教育採用作為訓練幼兒手指操作的教學工具之一。但是進階到創意摺紙藝術範疇內時，因為受到基本原則「單紙摺疊，不剪不接」的限制，創新設計不太容易，由於又缺乏教育體系協助，導致技術面形成斷層，造成發展瓶頸。一般來說，簡易的摺紙作品以方形紙為基礎者較多，通常將四角以逐次對摺方式摺成突出部分，形成 4 或 5 個突出部分，據以進行創作，因為所需的技術難度並不高，所以在學習或是推廣上均相當容易，惟所能完成的作品都屬於較為簡單的作品，發展相當有限，吸引力明顯不足，在一般坊間摺紙書籍常見的記載有鳥、天鵝、企鵝、鸚鵡、蝴蝶等作品(潘文良，2005；興揚公司：幼福公司)。為求將紙「摺」出更多的突出部分，常見的作法是將邊的中央部位也摺成突出部分，形成 6 以上之突出部分，一般而言，方形紙可以提升到 9 突出部分，2：1 長方形紙可以提升到 15 突出部分。

多突出摺紙技法開發出來之後，可以在符合摺紙藝術基本原則的條件下，利用本身多突出數量較多、較具彈性的優勢，結合其他固有技法進行創新設計。由於此類作品具有複雜、擬真度高及開創性，學習上較具挑戰性，反而更受摺紙藝術愛好者歡迎，具有長遠的發展潛力。個人多年來蒐集摺紙藝術相關書籍及瀏覽相關網站，整理出一些確實遵守原則，並使用多突出摺紙技法開發出來的創作，其特徵為都具有「完整」的型態，作品有暴龍、袋鼠、象、馬、狗、鼠、金龜子、駱駝、長頸鹿等需要較多突出部位的作品(江金石，1981；林世洪，個人網站；http://crazycat1130.pixnet.net/blog/post/1345494)。

貳、文獻探討

國內外對於創新研發出來的摺紙作品，通常以展示的方式表現居多，摺紙作品高居主角位置，很少論及摺紙技法的研究部分，這現象在製作越高深的作品越明顯。但個人認為摺紙技法之研究比作品展示更重要，因為唯有將摺紙技法整理分類後的成果加以公開，縮短有志朝此一方向發展的人的學習、摸索時間，才能吸引更多人投入摺紙藝術的創作，才能彰顯摺紙藝術的魅力。由於資料來源相當侷限的因素，本文所蒐集的資料基本上仍以書籍及網站二種管道居多，再加上個人多年來研發作品之心得。個人在「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(林世洪，2004)；

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(林世洪，2006)。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」(林世洪，2008)。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」(林世洪，2011)。

本研究參考江金石所翻譯高濱利惠所著之「世界折紙遊戲」一書(江金石，1981)，整理出書中所記載「袋鼠」、「鶴」、「鸚鵡」及「騎馬」四個作品，是利用多突出摺紙技法，其中前三者所使用之方法可歸類為「主從式摺法」，後者可歸類為進階式「主從式摺法」。另外，「均衡式摺法」係個人自行研發之方法，但相信並非獨創，由於從書籍及網路世界並未搜尋到，故在本文中之說明皆以個人創作作品為例作說明。至於進階式「均衡式摺法」所使用的技法過於繁複，步驟太多，且有部份過程係在空中完成，平面式的書籍無法完整表達，因此在本文中僅能就其摺痕圖及幾何構思做說明，提供給有興趣者研究、參考。其他相關網站所載之資料大部分是針對幼兒或是初學者，內容較為簡單，但仍有可從其中約略看到多突出技法的影子，值得加以探索(林世洪，2006；林世洪，2008；http://www.origami-club.com ； http://tw.myblog.yahoo.com/eaglesuker/article ； 安安摺紙天地；摺紙的網站)。

叁、摺痕圖

一般都把摺痕圖作為摺紙藝術的輔助教學工具，而且只包含作品剛開始製作時之局部摺痕，其目的是在引導學習者，使其在學習製作摺紙作品時有所遵循，並未深入探討其他可能的用途。事實上，摺紙作品完整的摺痕圖是研究摺紙技法很有用的工具，本文利用工程繪圖軟體 Draft Sight 繪製各作品之摺痕圖，再以摺紙幾何學角度說明其中所包含的構思及其使用限制。研究過程中發現，較簡單作品的摺痕圖繪製相當容易，只要將已完成之作品還原攤開，通常可以快速描繪出來。但較複雜的作品摺痕圖的繪製難度相當高，由於多層摺疊的關係，紙張厚度會造成摺痕偏移及模糊的問題，必須以較深的技術背景作為支持，反覆順摺痕摺疊以確認摺痕的幾何位置，以排除各種干擾因素，將各條摺痕回歸正確的幾何位置，完成摺痕圖之繪製。

除個別作品之特殊需求，大部分摺紙多以方形或長方形紙為基礎，由於紙的四角皆為 90°，除少數情況外，在創作作品時通常需要較細的突出部位分。一般的作法以對摺或是分段對摺方式將角度減小成 45°或 22.5°，甚至修飾到更細的角

度以呈現作品的細膩度，反映到摺痕圖上，會有許多角平分線與局部區域對稱軸，而也常出現多線段匯集至一處的輻射狀摺痕，通常代表創作者建立出一個突出部份。為求精密仿真，通常需要多次細摺，也對應更多的輻射狀線段，作品所顯示之細膩度也越高，如圖 1 所示，雙翅部分(圖中右上左下區域)最細角度為 22.5°，明顯較為寬大，腳部(圖中右下區域)最細角度為 5.625°，只為雙翅部分的 0.25 倍。因此，觀察摺痕圖上出現多線段匯集至一處的輻射狀摺痕，就可以很清楚推算出各作品所使用的突出部分數量，圖 1 中很明顯只有四突出部分。當然，摺痕圖之製作須反覆檢視製作過程，以避免因誤判而產生推算錯誤的情形，影響成果之分析。摺痕圖上另一種特徵是在某一點附近會出現一或數條環狀封閉折線，這在作品上是將突出部位作彎折或是轉換角度之修飾，檢視環狀封閉折線的形狀及角度可以分析出其所代表的幾何意義，而數量則可以作為作品外形之參考數據之一。

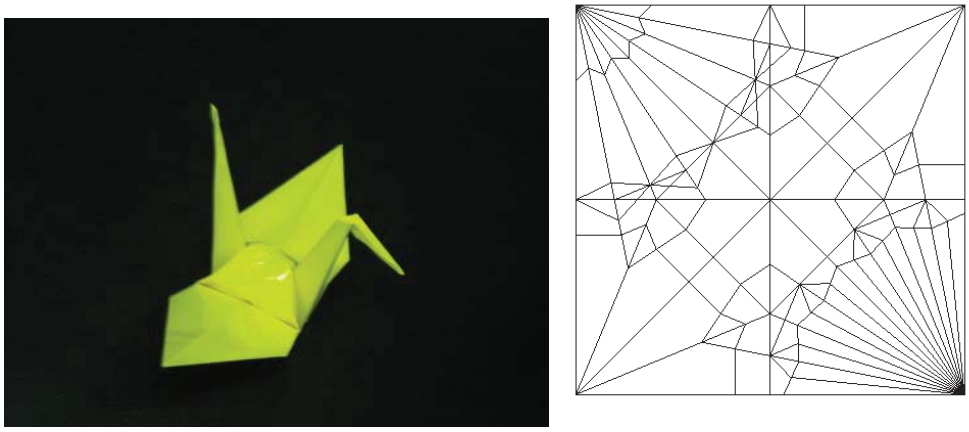

圖 1　摺紙作品「鶴」的實體照片及其對應的摺痕圖

對於摺紙藝術作品的分類，通常是以作品的外形為依據，但是有相當多外形近似之作品難易度差異非常大，除非對是二種作品做法相當熟悉，否則無法分清楚其間之難易程度，在實務上並不是良好的分類方法。本文考慮相同摺法會在摺痕圖上顯示出相同摺痕特徵，因此如果改從作品之摺痕圖特徵進行歸類分析，將可以依據各作品所使用的摺紙技法進行分類，成果會更標準、客觀。圖 2 為「袋鼠」的照片及其摺痕圖(江金石，1981)，圖 3 為「暴龍」的照片及其摺痕圖(林世洪個人網站)，二者外形近似，但從摺痕圖特徵可以很明顯的對照出所使用的是不同的摺法。「袋鼠」的摺法係以四角與中央為主要突出部份，分別製作頭、嘴、

後腳及尾，「暴龍」的摺法完全不同，其將主要部份均以邊為製作元素，四角中僅用二角製作前肢，設計概念差異頗大，但外型又如此相像，值得進一步探討。

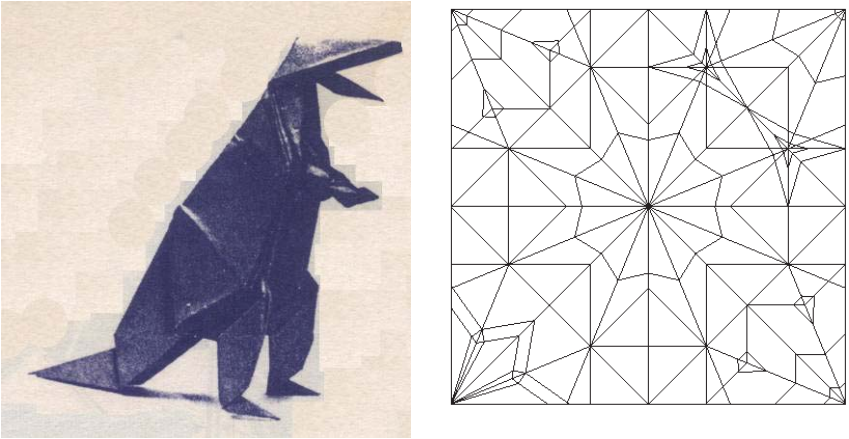

圖 2「袋鼠」的照片及其摺痕圖

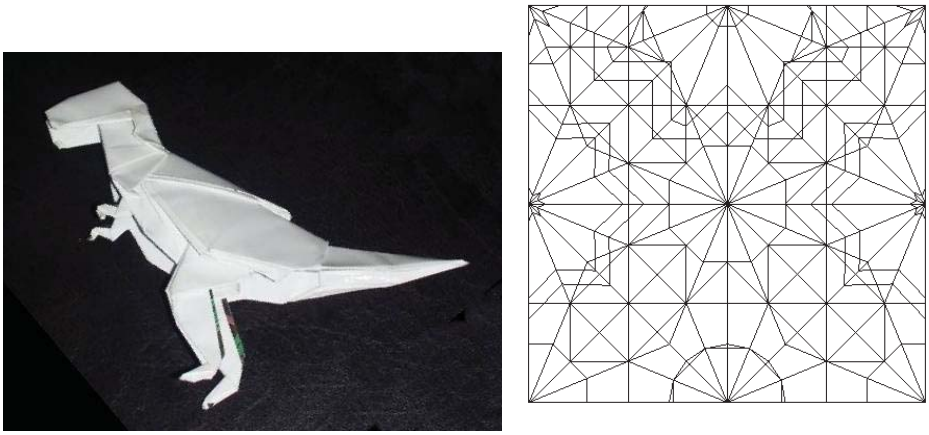

圖 3 「暴龍」的照片及其摺痕圖

肆、多突出摺紙技法

欲製造出多突出部分，通常是將邊中央部位利用摺紙技巧摺成突出部分，最常用的方法有二種。為求方便後續說明起見，將此二種方法分別命名為 1.主從式摺法，2.均衡式摺法，二種方法均可擴展至進階式摺法，分述如下：

一、主從式摺法

此摺法維持方形紙四角特性，犧牲一點點伸出長度，將邊中央部位摺出較短突出，其特點為主要部位長度相對較長，搭配中央部位，可以創作需要 4、5 個主要突出部分，較短突出部分則配合需要作為造型修飾，由於此種摺法會形成 4 主 4 從或是 5 主 4 從的摺紙基礎，故名之為「主從式摺法」，圖 4 為「主從式摺法」的摺痕圖。若將紙邊長設為 1 單位，此種摺法「主」部位所能伸長的幅度為 0.353 單位，如圖中粗線所示，若犧牲「從」部位，則「主」部位可以伸長到 0.5 單位，主要伸出部位達 4 的作品皆可以此摺法設計出來，如袋鼠、風車、蜻蜓等。

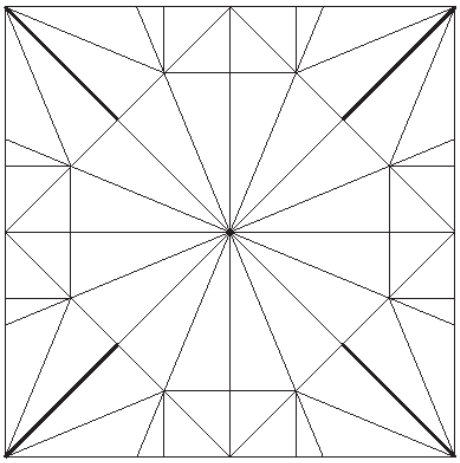

圖 4「主從式摺法」的摺痕圖

摺紙作品「百合花」是「主從式摺法」最典型的作品，5 個主要突出部分形成四個花瓣與花形部分，4 個次要突出部分形成象徵花朵雄蕊的部位，是相當成功的設計，圖 5 為「百合花」的照片及其對應的摺痕圖，圖中粗線為「主從式摺法」的摺痕圖，主要的摺法仍是形成角平分線的對摺法，很明顯的在四角部分摺的較細。圖 6 為「展翅天鵝」的照片及其對應的摺痕圖，由圖中粗線可以看出的所採用的也是「主從式摺法」，但細部摺較多，複雜度明顯較大，但最後主要部分仍維持 4 個，對應此種摺法之特性。

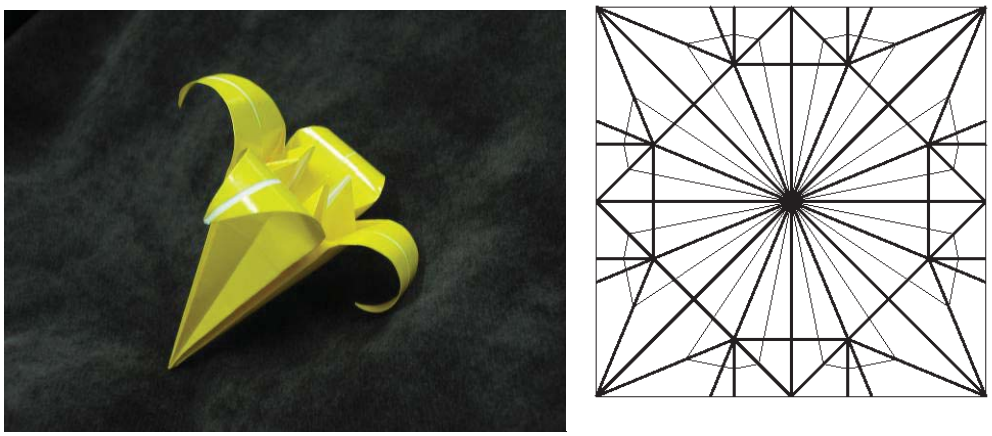

圖 5 摺紙作品「百合花」及其摺痕圖

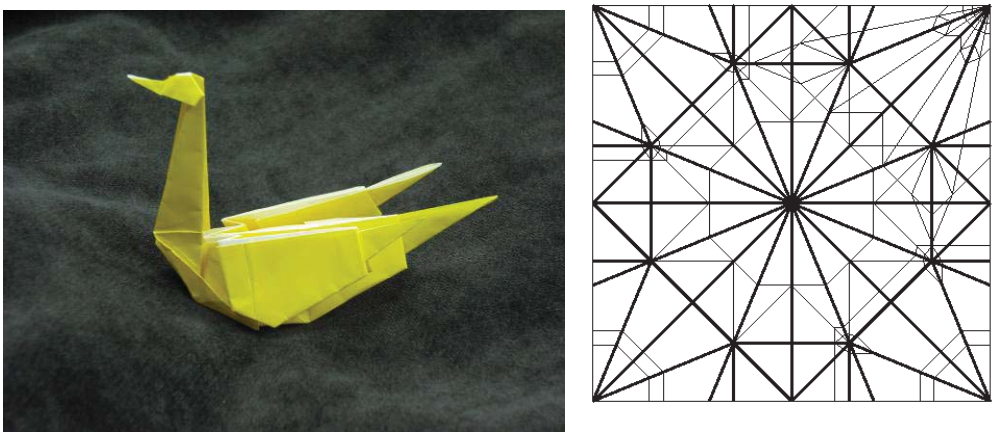

圖 6 摺紙作品「展翅天鵝」及其摺痕圖

進階式「主從式摺法」係利用高階摺紙技巧擴增主、從數量，但所使用的紙就必須順應需求從方形紙延伸為長寬不等的長方形紙，圖 7 為長寬比為 2：1 的進階式「主從式摺法」的摺痕圖，基本概念與「主從式摺法」相同，可以提供 8 主 6 從的突出部位。圖 8 為摺紙作品「騎馬」作品的照片(江金石，1981)。

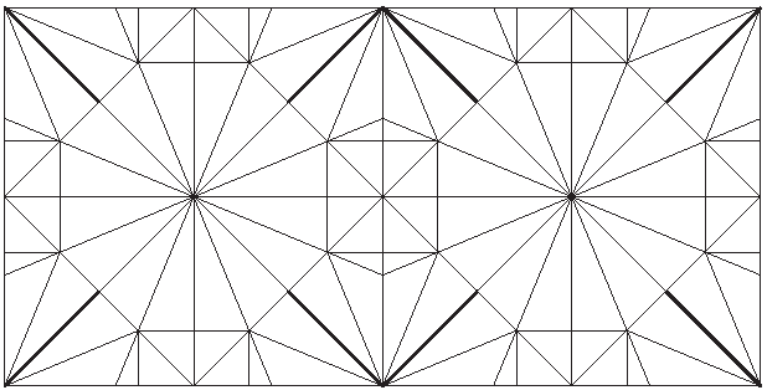

圖 7 進階式「主從式摺法」的摺痕圖(2：1)

圖 8 摺紙作品「騎馬」 (2：1)

二、均衡式摺法

此種摺法則直接利用摺紙技巧將四角及邊中央部位摺成相等突出長度，形成 8 突出部分的基礎，若加上紙的中央部位，可以形成擁有 9 個長度相當的突出部分的基礎，可以作為創作走獸類或是組合類需要較多突出部分的作品，圖 9 為「均衡式摺法」的摺痕圖，在四角及四邊中央的有明顯的線段匯集特徵，但在四區塊均形成飛鏢形狀之摺痕，此種摺法之目的在於將角與邊之幾何地位拉近，在外圍形成均衡的 8 突出部分，納入紙中央部位則形成均衡的 9 突出部分的摺紙基礎

。若將紙邊長設為 1 單位，此種摺法突出部位所能伸長的幅度達 0.25 單位，如圖中粗線所示，若犧牲一部位突出部位長度，則可以伸長到 0.353 單位。圖 10 摺紙作品「金龜子」中，腳需用 6 個突出部分，身體至少需使用 2 個突出部分，9 突出部分的基礎可以應付所需，圖中粗線為「均衡式摺法」的摺痕圖；圖 11 摺紙作品「騎鴕鳥」中，人的部分需用 5 個突出部分，鴕鳥需用 4 個突出部分，9 突出部分的基礎剛好符合所需，圖中粗線為「均衡式摺法」的摺痕圖，明顯可以看出與「金龜子」採用相同的基礎，且複雜度差異不大，但外形差距卻相當大。

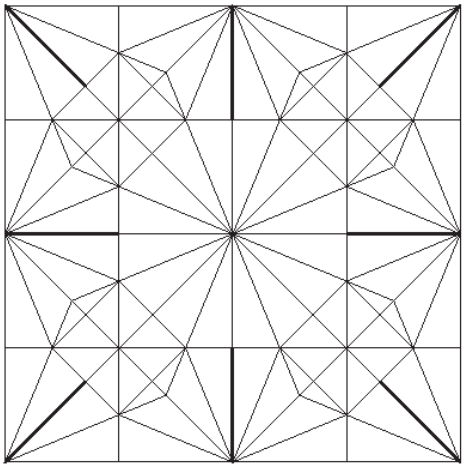

圖 9「均衡式摺法」的摺痕圖

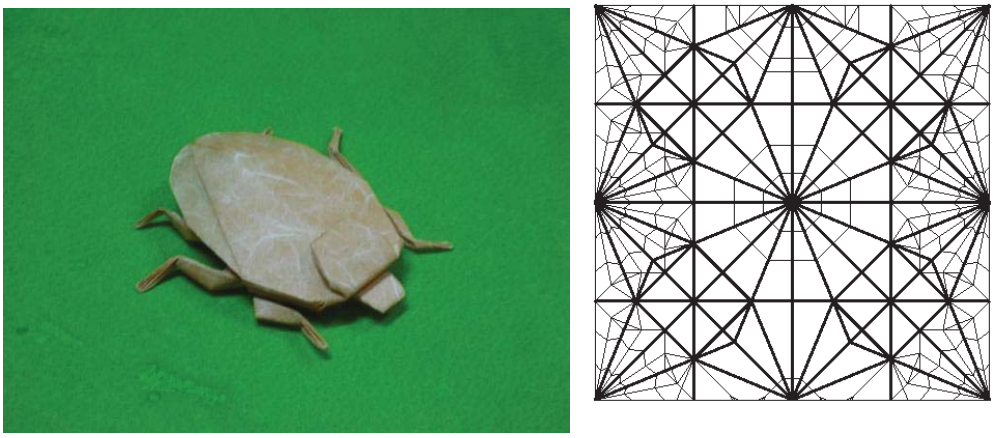

圖 10 摺紙作品「金龜子」照片及其摺線圖

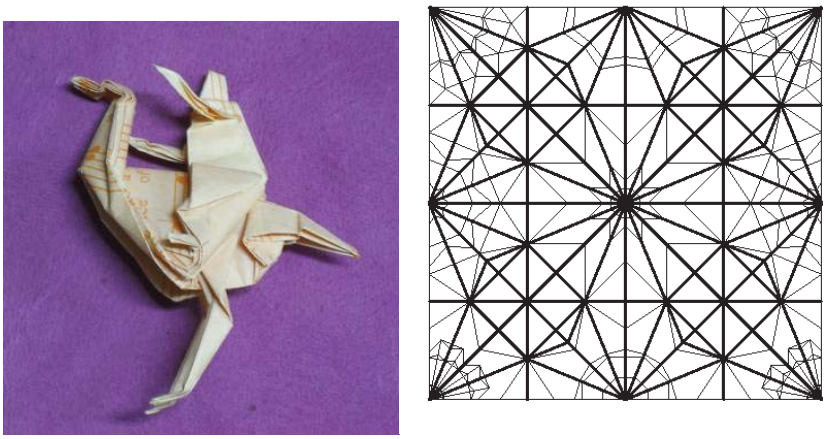

圖 11 摺紙作品「騎鴕鳥」照片及其摺線圖

與「主從式摺法」相同的情況，進階式「均衡式摺法」係從方形紙延伸為長寬不等的長方形紙，利用高階摺紙技巧擴增主、從數量，以符合設計所需之突出數量，圖 12 為長寬比為 2：1 的進階式「均衡式摺法」的摺痕圖，可以提供 15 個相當的突出部位，比進階式「主從式摺法」多很多。若短邊長度設為 1 單位，此種摺法突出部位所能伸長的幅度與「均衡式摺法」相同。圖 13 為摺紙作品「螃蟹」的照片。

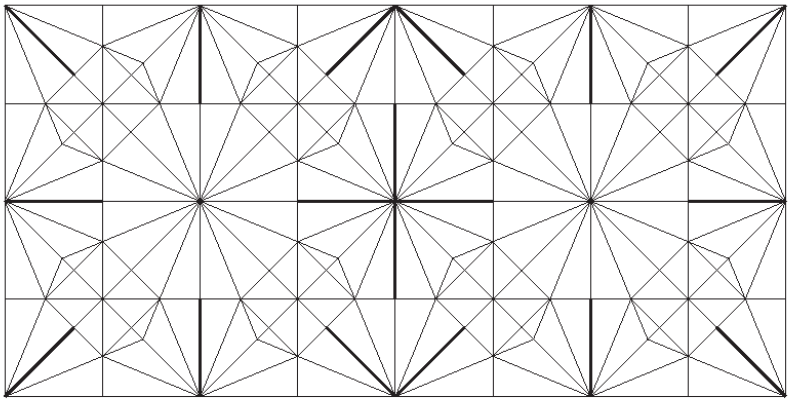

圖 12 進階式「均衡式摺法」的摺痕圖(2：1)

圖 13 摺紙作品「螃蟹」

伍、多突出基礎之創新設計應用

多突出基礎建立後，下一步就可以開始進行摺紙藝術的創新設計工作，一般的實施步驟為 1.以經驗法則初步規劃欲開發設計作品之外形，2.依據設計作品外形計算所需之突出數量，及可能需要之相對長度，3.評估選擇最適用的多突出基礎，4.試做並修正各部位角度，5.實做並進行細部修飾。其中第一步驟最為重要，必須同時考慮開發設計作品之外形美感及實際執行之可能性，精確的設計作品，避免因錯誤的規劃設計而浪費時間跟精神，因此經驗的累積在此一階段非常重要。第二步驟係依據設計作品之幾何需求條件推算所需之突出數量、位置及長度，作為選擇基礎之依據。第三步驟則以空間幾何概念依需求選擇最適用的多突出基礎，並預先分配突出部位之相對位置。第四步驟進行試做以確認可行性，尤其是各突出部位的長度及位置是否能符合設計需求，同時蒐集資訊提供實做時選擇紙張厚度及大小之參考。最後一步驟則挑選合適之紙張進行精確實做，此一階段由於需顧慮到摺痕與厚度互相妥協之問題，在摺疊過程中必須精準掌握所有摺痕的最佳幾何位置。

以圖 11 摺紙作品「騎鴕鳥」為例，其使用 9 個突出部位，如果將人的部分展開成扇形，縮短鴕鳥腳部長度，就可以轉化成「孔雀」，如圖 14。而因為可以產生 9 個突出部位，所以相當適合作為摺紙藝術創新設計新作品之基礎，舉凡狗、馬、象、松鼠等動物類，需要的突出部位超出 6 個以上之作品，都可以以此摺

法達成設計目的。而需要的突出部位超出 10 個以上之作品，更需要特別設計，以圖 13 摺紙作品「螃蟹」為例，其總共需使用 13 個突出部位，而進階式「均衡式摺法」可以提供 15 個突出部位，足以應付所需，剩下的就是如何將各個突出部位依幾何需要摺至定位，這需要利用數學計算來達成。如果將進階式「均衡式摺法」中 5 個突出部位製作如同「騎鴕鳥」作品中人的部份，則尚有 10 個突出部位可以進行動物之設計，就可以製作人騎動物之作品，如何達到造型完整，將是創作者必須克服的難題，圖 15 摺紙作品「二郎神與嘯天犬」係利用 9 突出部位製作狗的部份，包括頭、嘴、雙耳、四肢、尾，另 5 個突出部位製作出人形，狗及人的外形均相當清晰可辨識，是相當完整的設計。

圖 14 摺紙作品「孔雀」

圖 15 摺紙作品「二郎神與嘯天犬」

陸、結果與討論

摺紙藝術的成功發展必須建立在多突出基礎的普及，坊間書籍及網站中多半以作品為主角，所使用的摺紙技法通常嵌在作品中，這類以作品製作過程為導向的方式推廣效率較低。本文改以摺紙幾何觀點切入，利用工程繪圖軟體 Draft Sight 逐一剖析作品，繪製摺痕圖，整理後發現採用相同摺法基礎的作品會有相同的特徵，也可以說是「同類」。同類的作品可以合組成系列，再透過基礎、衍生、創新等教學推廣步驟，減少摸索過程，改善學習效率，擴展摺紙藝術之創作空間。

繪製摺痕圖必須反覆檢視各個摺紙作品的製作過程，去除紙張厚度造成的干擾，精準繪製，將所有摺痕歸化至正確的平面位置。本文依據對摺紙作品的了解，選擇多個具代表性的作品繪製摺痕圖，並透過摺紙幾何學角度，檢視摺痕圖上所顯現之特徵，分析特徵與多突出間之關連性，可以整理出二種常用多突出基礎的幾何設計基礎及其進階式。

「主從式摺法」及「均衡式摺法」都是常用的多突出摺紙技法，其中「主從式摺法」較為簡單，適合作為推廣及教學應用，進階式「主從式摺法」及「均衡式摺法」難度較高，適合具有足夠基礎者作為進行設計創作作品的基礎。進階式「均衡式摺法」難度頗高，製作過程易生錯誤，耗力費時，但因具有持續擴增特性，可以應付製作較複雜創作作品的需求，適合具有較深基礎者開發設計精緻、完整的作品，目前已開發完成的作品有蜈蚣、鍬形蟲、螃蟹、人騎馬、人騎象、雙人翹翹板等。

柒、結論

1. 摺紙藝術因具有較多的限制，因此各種能夠摺出多突出部份的技法都非常重要，本文透過摺痕圖的協助，剖析常見作品所使用的方法，整理出二種較具發展潛力的技法及其進階式，分別為「主從式摺法」、「均衡式摺法」、進階式「主從式摺法」、進階式「均衡式摺法」。
2. 外形近似之作品難易度可能差異非常大，除非對是二種作品做法都非常熟悉，否則無法分清楚其間之難易差異程度，在實務上應採用摺痕圖特徵作為分類方法較適當。
3. 比對不同作品的摺痕圖上的特徵，可以辨識出作品所採用的方法種類，本文將辨識出來之基礎技法以加粗摺痕方式標示出來，方便後續研究。未加粗摺

痕之數量及複雜程度可以提供進一步比較作品難易程度的參考。

4. 「主從式摺法」可以提供5主4從之基礎，相對於其他方法顯得較為簡易，只要是需要5突出部分以下的摺紙作品皆可進行設計、製作，適合教學及推廣，因此作品較常出現於一般摺紙書中。進階式「主從式摺法」難度較高，步驟較多，說明有實際上之困難，目前僅見於江金石所翻譯高濱利惠所著之「世界折紙藝術」一書中。
5. 「均衡式摺法」難度較高，摺法具規則性，發展潛力較高，可以製作相當多作品，但參考資料相當少。進階式「均衡式摺法」難度更高，因製作費時耗力，目前所開發出來的作品數量仍不多，但因可以製作出相當精緻、完整的作品，深具發展潛力。
6. 由二種進階式摺紙技法的特性，亦發現增加突出部份數量最直接的方法就是改用長方形紙，透過長邊來增加中間點數量，雖然摺疊難度也隨之大幅增高，但如果可以提供創意設計所需的空間，仍是值得的。

參考文獻

1. 幼福文化事業股份有限公司，2005，「摺紙－動腦開發篇」，幼福文化事業股份有限公司。
2. 江金石，1981，「世界折紙遊戲」，大坤書局，三版。
3. 安安摺紙天地http://anan1.webnow.biz/anan_04。
4. 林世洪，2004，「激盪創意，突破限制」。93年創造力及創意研討會，p.1~10，11月，中壢。
5. 林世洪，2005，「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，林口。
6. 林世洪，2006，「林世洪的創意摺紙世界1」，12月。
7. 林世洪，2008，「林世洪的創意摺紙世界2」，4月。
8. 林世洪，2007，「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。
9. 林世洪，「林世洪的創意摺紙世界」網站http://www.taconet.com.tw/linsh5488。
10. 林世洪，2011，「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。
11. 摺紙的網站http://www.tacocity.com.tw/folds/class.htm。
12. 潘文良，2005，「樂在摺紙中」，棋茵出版社。

13. 興揚文化事業有限公司，「我會折摺紙－動物篇」，興揚文化事業有限公司。
14. http://crazycat1130.pixnet.net/blog/post/1345494。
15. http://www.origami-club.com。
16. http://tw.myblog.yahoo.com/eaglesuker/article。