

數位印刷機之色域表現分析

謝顯丞 陳麗文 龔麗華

國立台灣藝術大學圖文傳播藝術學系

本研究將印刷機分三大類：傳統平版印刷機 Heidelberg Speedmaster 102-5、混合型印刷機 (Hybrid Press) Heidelberg Quickmaster DI46-4 及數位印刷機 Agfa Chromapress 50i、Indigo E-Print 1000、Xeikon DCP-50D、MGI Digital Carte Master Color，針對此三大類印刷機進行色域表現之分析。本研究採實驗法，使用 X-Rite 528 反射式濃度計量測每張樣本的 YMCRGB 色塊之 $L^*a^*b^*$ 值，並繪製各印刷機之全階調 a^*b^* 色域圖。本研究結果顯示六台印刷機在明調區域的 a^*b^* 色域圖差異最大，Agfa Chromapress 50i 與 Xeikon DCP-50D 的 a^*b^* 色域圖較為相近，而 MGI Digital Carte Master Color 在明調、四分之一調的 a^*b^* 色域圖最小，在中間調、四分之三調及暗部調的 a^*b^* 色域圖最大，液態電子油墨的 Indigo E-Print 1000 其 a^*b^* 色域圖只有在四分之一調較乾式碳粉的數位印刷機小。同樣均使用傳統油墨的 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 與 Heidelberg Speedmaster 102-5 在色域的表現上有相當大的差異。

關鍵字：色彩 色域圖 色度圖 數位印刷

緒論

一、研究之重要性

數位印刷與傳統印刷的不同之處在於價格、輸出品質、生產速度及作業流程的管理，數位印刷系統最大的特徵為成像速度、解析度、過網方式、廣泛的被印材料、成像技術、色彩的表現等，且最重要的是完整的作業流程及依需印刷（輸出客戶所想要的印刷成品）(Green, 1999, p.319)。因此，數位印刷機具有可變式資料的能力，且此種能力更能滿足顧客在價錢、速度及各方面的便利，在印刷品方面有保險單、商業企畫書、計畫表及其他各種特殊的表單等 (Banta Corporation and GATF Staff, 1999, p.42)。數位印刷機結合電腦、資訊科技技術，將文字、圖形、影像資料轉化為數位訊號，直接在電腦輸出，中間不耗用任何

底片，縮短作業流程、減少人員使用；此理念造就了今日彩色數位印刷機之發展。

在 GATF 對印刷科技所作的 2000 年之科技趨勢預測報告中，針對美國於 1999 年及未來 2006 年的印刷行業投入數位印刷市場作預測及統計，其結果如表一，其顯示除了雜誌印刷、報業印刷及裝訂廠在 1999 年尚未採用數位印刷機外，其餘印刷行業皆已投資採用數位印刷機，而至 2006 年時不管何種類型的印刷行業均將投資採用數位印刷機，且採用的廠商也遠比 1999 年成長約十倍以上，其預測在未來 2006 年時將會有 30,989 之多的印刷行業投入數位印刷的市場；這也顯示出數位印刷在整個印刷行業中所佔的重要地位。

表 1 美國採用數位印刷之公司

	總計家數	採用數位印刷機	採用數位印刷機
	1999	1999	2006
商業印刷	41145	3200	24000
書籍印刷	200	112	180
有價證券印刷	100	100	100
雜誌印刷	200		160
商業報表印刷	1845	19	1600
各類卡片印刷	49	14	49
特殊印刷	987	120	500
報業及其他印刷	5746		500
包裝印刷	1746	90	900
裝訂廠	2000		900
印前輸出	6200	850	2000
合計	63418	4505	30989

資料來源：”Digital Printing and Direct Imaging Presses Poised for Significant Growth,” by Frank Romano, 2000, 2000 GATF Technology Forecast, pp.20-21

二、研究目的

當數位印刷逐漸的蓬勃發展時，其印刷品品質則為業者、客戶最在意的關鍵，尤其在色彩方面，在文獻中也提到數位印刷的兩個最大問題不外乎為紙張及品質，在品質方面也就是數位印刷機的色彩表現能力，此為目前數位印刷所面臨到的一個最大問題

(Richardson, 1999, p.1)，因此，本研究目的主要在探討台灣地區各數位印刷機與傳統平版印刷機及混合型印刷機在印刷品色彩表現能力上的差異性，本研究之色彩表現能力是指印刷品之色域範圍大小而言，換句話說本研究旨在對各印刷機其印刷品之色域圖 (Color Gamut) 進行差異性之分析。

文獻探討

一、數位印刷的歷史

數位印刷的發展至今已有一段時間，第一台經濟型數位印刷系統是 1972 年引進的 Mead Digital Multiple Array 的噴墨式印刷機 (為現在 Scitex 的數位印刷機之前身)，接著於 1978 年引進 Xerox 9700、IBM 6670、3800 及 Kodak 100、150、250 等電子成像印刷機；1980 年的 Delphax Ion Deposition；以及 1990 年 DRUPA 展覽會上的兩色 AM 電子印刷機，而第一台四色平版數位印刷系統為 1991 年 Heidelberg 公司引進的 GTO-DI，其於 1993 年採用雷射的技術提昇了 Heidelberg GTO-DI 的印刷品質，這樣的技術影響了之後使用電子成像技術的發展，而緊接著 Heidelberg GTO-DI 雷射電子成像技術的改進，兩台

電子成像的數位印刷機接著被引進，其為 Indigo E-Print 1000 及 Xeikon DCP-1 (Bruno, 1995, pp.12-13)；之後 1993 年的 IPEX 展覽會上 Indigo、Xeikon、Agfa 三家公司分別推出他們的第一台數位印刷機，由於不需底片及製版的複雜過程，並且每一頁的內容都可有不同的變化，因此造成很大的震撼 (“Why Digital Printing Matters,” 1999)。隨著數位科技資訊之日新月異 Heidelberg 公司於 1995 年的 DRUPA 展覽會上推出一台新的四色印刷機：Quickmaster-DI，其有壓力輥筒裝置及機上自動製版，印刷速度可達每小時 10,000 張或每分鐘 233 頁 A4 大小的印刷品 (Bruno, 1995, pp.12-13)，次年的 IPEX 展覽會上 Heidelberg 公司又推出了 Speedmaster 74-DI，而 Quickmaster-DI 及 Speedmaster 74-DI 無法

處理可變式的資料，因此，並非真正的數位印刷機，而是真正的 CTP (Computer to Press) 或混合型的印刷機 (hybrids press) ("Why Digital Printing Matters," 1999)。

二、印刷機之介紹

本實驗所採用之印刷機包含了機上製版型的 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 以及數位印刷機 Agfa Chromapress 50i、Indigo E-Print 1000、Xeikon DCP-50D 與 MGI Digital Carte Master Color。

(一) Heidelberg Quickmaster DI 46-4

直接成像 (Direct Imaging, DI) 印刷機直接由數位檔案成像於印刷機的輥筒上，且通常所有的輥筒同時運轉成像，也就是此種 DI 印刷機利用傳統平版印刷機的技術 (Richardson, 1999, p.2)。

於 1995 年的 DRUPA 展覽會上，Heidelberg 及 Presstek 引進一台新的四色機 - Quickmaster DI 46-4，其中間有一比傳統印刷機大四倍之壓力輥筒，四周環繞著四色之印版輥筒，此種結合壓力滾筒的特殊系統設計與 Presstek 早期的系統設計相似；機上直接製版、使用無水平版、無須化學處理之印版、高速飛達送紙系統及最自動之機上印刷機 (Romano and Fenton, 1998, pp.218-219)。

每一印刷單位均有其各自的印墨、印版及橡皮輥筒，其印版使用 Presstek 系列之無水平版，解析度為 1240dpi 及 2540dpi。每一印版均為自動上版，且上版時間只需 4-5 分鐘左右，而在 DI 印刷機上之一捲大輥筒內有 35 塊印版可使用，其機上直接製版之技術與 GTO-DI 相似，雖然 Quickmaster DI 之印版解析度可達 1270dpi 或 2540dpi，由於其雷射打點的大小只有 35-micron，因此，其印版成像之解析度無法高於 1270dpi，在這樣的解析度之下其印版成像時間需 6 分鐘較 GTO-DI 需 12 分鐘縮短一倍，且一小時可輸出 1000 張 (Romano and Fenton, 1998, p.219)。

Quickmaster DI 與 GTO-DI 相同均可連接客戶端之印前系統，不需中間其他步驟，且如同其機上製版成像的技術一樣，Quickmaster DI 有自動印版歸位、裝版、清洗橡皮輥筒及印版清洗等自動裝置，Quickmaster DI 之準備時間減少至只需 10-12 分鐘，因此，Quickmaster DI 可節省傳統印刷 65% 之成本浪費及 80% 之時間 (Romano and Fenton, 1998, pp.219-220)。

(二) Indigo E-Print 1000

Indigo E-Print 1000 雖然只有一個印刷單位，但卻可執行雙面六色印刷，其使用液態碳粉的電子成像技術，而液態碳粉的微粒大小只有 1-2 microns，因此，可改進乾式碳粉之電子成像技術在滿版濃度及明調細部的解析度，液體碳粉內之聚合物會與紙張快速的接觸，其輸出之影像的鮮銳度相當好，且無物理之網點擴大 (光學之網點擴大現象然仍存在) (Green, 1999, p.330)。

Indigo E-Print 1000 的印刷速度為一小時一色 8000 頁，每增加一色輸出的速度就降低一半，四色雙面輸出一小時 500 張，輸出解析度為 800dpi，這樣的解析度與傳統平版印刷輸出線數為 150lpi 的印刷品品質相似 (Green, 1999, p.330)。Indigo 與其他數位印刷機不同的地方在於其專有的印墨技術，電子油墨 (ElectroInk) 可完全的由印版的每一旋轉移動傳送至橡皮滾筒及紙張上，電子油墨內所含的顏料與傳統印刷所使用的油墨雖然相似，但仍有兩點不同的地方：電子油墨有帶電荷且成像速度快 (Banta Corporation and GATF Staff, 1999, pp.55-56)。

(三) Agfa Chromapress 50i 與 Xeikon DCP-50D

Xeikon 位於比利時，主要是為北美三大公司設計印刷引擎，包括：AM Multigraphics、Agfa 及 IBM，由於 Xeikon 先設計出印刷機主體，Agfa 再向 Xeikon 購買後重新設計印前控制部分及 RIP 的搭配，所以在印刷硬體基本設備部分，Agfa Chromapress 與 Xeikon

DCP-50D 設計原理相同。

Xeikon DCP-50D 的機械引擎是由比利時 Xeikon 所設計，使用乾式碳粉並且為資料可變式印刷，一小時 2100 頁，可輸出的最大寬度為 500mm，可印刷面積為 B2 紙張大小（19.68 × 27.83-in），每一單獨的印刷單位皆有八個雷射二極體（LED）陣列，可雙面印刷 CMYK 四色，由於雷射二極體打點於感光鼓上之電荷數量關係其影像解析度為 600dpi，最高影像濃度可達 16 階，其印刷品之品質可達到與傳統平版印刷輸出 175lpi 之印刷品品質相當（Green, 1999, pp.328-330）。

Agfa Chromapress 50i 為一高速、四色的輪轉數位印刷機，電子成像的輸出設備可輸出解析度 600dpi 及網點濃度變化多（也就是可表現出 64 階的灰階濃度）（Romano and Fenton, 1998, p.240），其電子成像過程與雷射影印機相似利用雷射二極體陣列使成像感光輥帶有不同的電荷，然後碳粉在附著於帶電荷的區域上使其成像，在轉移至紙張上，其成像速度每小時為 2100 張 A4 大小的紙張，且單面、雙面的成像速度皆相同（An Introduction to Digital Color Printing, p.4），由於其數位式的成像方式，因此，Agfa Chromapress 具有在每一頁面上印刷不同變化的印紋內容能力，每一頁可有十六個紀錄不同資料的區域，文字、影像及圖片都可做個人化的改變（Romano and Fenton, 1998, pp.242-243）。

（四）MGI Digital Carte Master Color

Digital Carte Master Color 為法國 M.G.I. 公司所研發出的數位印刷機，其除了與大部分的數位印刷機一樣具有短版、即時、資料可變式的特性外，其特別之處為線上的印後處理系統（包含裁切、打洞），所有的工作流程只需一個工作站，因此其可應用的範圍非常廣泛；廣告傳單、手冊、明信片、貼紙標籤、票卷、各式邀請卡、商業名片、廣告等皆為其主要市場。

在機械構造方面有張頁式雙面印刷及輪轉式兩種選擇，而可使用的紙張範圍為 70 至 250 gsm 或 20 至 140 磅的藝術紙、雪銅紙、亮面紙、紙板等，其解析度為 2400 dpi，四色印刷一小時 240 頁，Digital Carte Master Color 的印刷作業流程排除了傳統印前作業流程所需的底片、印版及印墨，因此其可將印刷機的上機作業準備時間（makeready time）降低至零（Digital Carte Master Color）。

三、x, y 色度圖與 CIELAB

1931 年 CIE（Commission Internationale de l'Eclairage）發展出 XYZ 色度系統，亦稱為「標準色度系統」（norm color system），此系統外型類似於船帆形狀的平面二度空間色彩系統，在此平面二度空間中紅色位於 x 軸（水平軸）之最尾端，綠色則為於 y 軸（垂直軸），因此，在此 xy 座標軸中任何的色彩均可為一獨立落在座標軸上的點，而在座標軸的左側色彩較趨向於灰色，此表示愈偏左側的色彩其光譜純度愈低，圖一即為 x, y 色度圖（"Starting with XYZ," 2001）。

色度圖（Chromaticity Diagram）亦可用來定義色域圖（Color Gamut）或色彩範圍，其可呈現出色彩加成混合後的結果，色域圖為一多邊形落於色度圖中，由於在色度圖中色彩混合重心定律（Center of Gravity Law of Color Mixture），所有加成後之混合色均位於色域圖的頂點，因此，均位在色域圖之內，而馬蹄形的色度圖則可解釋說明視覺上的紅色、綠色及藍色為何無法被加成混合而與多數色彩相合，色度圖亦可用來比較不同彩色螢幕、印表機、幻燈片及其他硬體複製設備之色域圖，一般而言印表機之色域圖小於螢幕顯示器的色域圖，因此，縮小螢幕顯示器的色域範圍即可達到近似的色彩複製結果（"Introduction to Chromaticity Diagrams and Color Gamuts," 2001）。

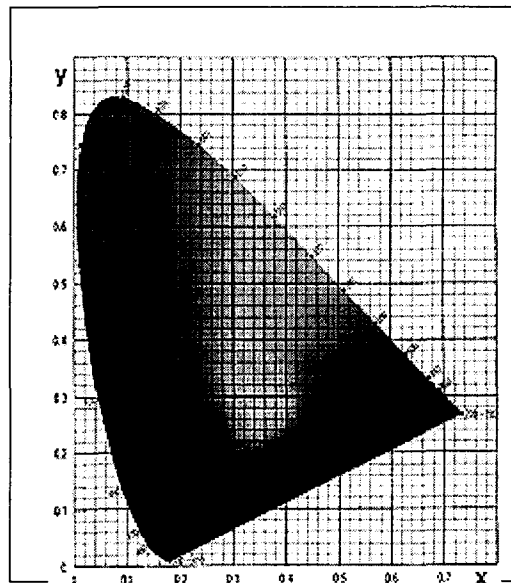


圖 1 x, y 色度圖

資料來源：“The Norm Color System,” 2001.

在 x, y 色度圖中雖然任何的色彩均為獨立的點，但在此 XYZ 色彩系統中兩獨立色彩之間的差異卻與視覺上所感受的差異有所差別，例如：圖一中綠色與綠味黃之間的差異相對的較大，而藍色與紅色之的距離差異則相當小（“Perceived Color Differences,” 2001），換言之，CIE x, y 色度系統之表色法並非同步視覺，其並非一均勻的色彩空間（羅梅君，民 80，頁 145），為了解決此種問題，CIE 國際照明委員會於

1976 年發展出 Lab 色彩空間以改進 x, y 色度圖的缺點，CIELAB 為一三度立體的色彩空間，在此模式中，色彩差異的量測與色度學的方式相似，座標軸 a 為綠色（-a）延伸至紅色（+a），座標軸 b 為藍色（-b）延伸至黃色（+b），而明度（L）為由下而上逐漸增加（“CIELAB,” 2001），圖二為 CIELAB 三度色立體空間圖，圖三為 CIELAB 模式中光譜的色域圖。

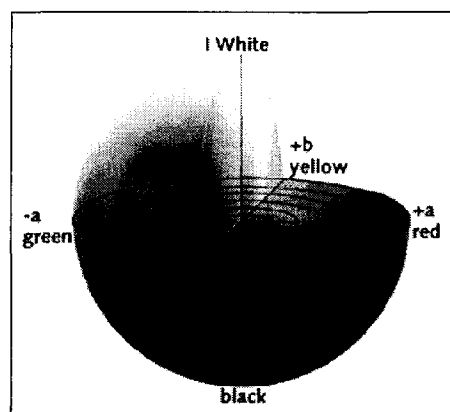


圖 2 CIELAB 三度空間立體圖

資料來源：“Perceived Color System,” 2001.

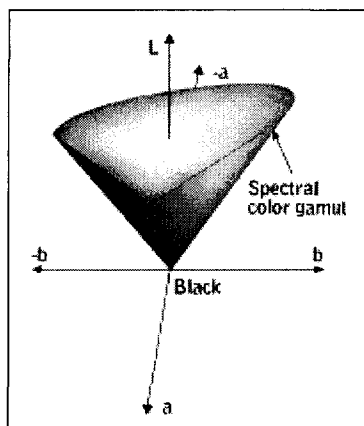


圖 3 光譜色域圖

資料來源：“CIELAB Color Space,” 2001.

四、色域圖 (Color Gamut)

色域圖 (Color Gamut) 亦即色彩的表現範圍，設備所呈現出的色域圖即為設備所可輸出表現之色彩複製的最大範圍，亦即設備的色彩表現能力，如電腦螢幕上之 RGB、印刷機之 CMYK 印墨的表現能力 (Color Gamut, 2000, p.14)。

由於某些設備如印刷機、電腦螢幕等所輸出的色彩在某些範圍為人眼視覺上所無法辨識出，而設備之色域圖則可顯示出這些設備的特殊色彩表現範圍，也有些設備具有相當大的色域圖、有些設備則相當小，一般而言不同系統之色域圖某些部分會重疊但不會完全重疊吻合 (GRACoL, 2000, S60)。

一般所見的色域圖均為多邊形如圖四，在圖四中可看出圓形中有兩個多邊形，其均有六個點，相當於六個主要的顏色：青色 (Cyan)、洋紅色 (Magenta)、黃色 (Yellow)、紅色 (Red)、綠色 (Green) 及藍色 (Blue)，在多邊形之內的範圍均為油墨可複製出的色彩。

在圖四中，黑色的多邊形相當於油墨明度較高的色域圖，白色為明度較低油墨的色域圖，底層彩色圓形平面為 CIE 色彩空間模式，此為一有效方法顯示出兩不同色彩複製系統之間的色域表現差異，實際上所有色彩均可精確的描繪除其油墨明度高時的色域圖及明度低時的色域圖 (“Color Gamut and Gamut Mapping,” 2001)。

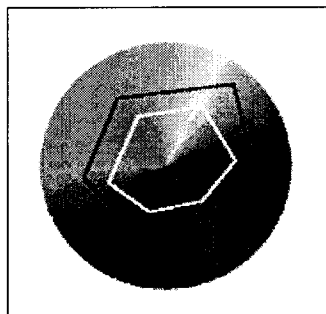


圖 4 多邊形色域圖

資料來源：“Color Gamut and Gamut Mapping,” 2001

研究方法

本研究採實驗法，以六台印刷機為實驗對象，包括傳統平版印刷機 Heidelberg Speedmaster 102-5、混合型印刷機 Heidelberg Quickmaster DI 46-4、數位印刷機 Agfa Chromapress 50i、Indigo E-Print 1000、Xeikon DCP-50D、MGI Digital Carte Master Color，並將印刷機分三大類：傳統平版印刷機、數位印刷機及混合型印刷機，針對此三大類印刷機進行色域表現之

分析。

一、實驗變項

本研究之自變項為印刷機種類，應變項為所欲檢測之色彩表現，即 $L^*a^*b^*$ 值，本實驗之控制變項整理於表二。

表 2 本實驗之控制變項說明

控制變項	說明
測試導具	每台印刷機皆使用同一測試導具之數位檔案
儀器設備	所使用之儀器設備均需先經過校正歸零且操作者均為同一人
曝光控制	適當之曝光時間已由該印刷廠之操作員標準化
廠房溫濕度	各廠房之溫濕度均控制在標準狀況下進行實驗
被印材料	使用磅數、厚薄相類似之紙張為被印材料
操作員	各印刷機之操作人員均為同一人

二、實驗過程

(一) 測試導具

根據所欲分析之印刷品色彩表現能力設計實驗用之導具，其尺寸為 A3，內容包含 IT8.7.3、複雜影像、RGB 混合色塊、CMYKRGB 濃度測試導表等，並將主要之量測導具環繞於樣張的四周。

(二) 製版

本實驗因傳統印刷機需要，因此輸出一套印版，所使用之曬版機為 Screen 連曬曬版機 PC-711-G，適當之曝光時間已由該印刷廠之操作員標準化，其適當之曝光時間為 9 秒，沖版機為 VNIGRAFIC，每塊 CMYK 曬好之印版均使用 Heidelberg CPC-31 掃版機掃描其 CMYK 之墨量，並將其供墨資料儲存於 CPC-31 自動控墨系統的工作記憶卡中。

(三) 印刷

本研究印刷輸出分成兩種，一為傳統平版印刷輸出，所使用印刷機為 Heidelberg Speedmaster 102-5，印刷師傅將工作記憶卡 (Job Memory Card) 中之供墨資料輸入印刷機，做自動控墨，所試印之樣張再經過 Heidelberg CPC-21 印紋掃描機掃描樣張上之 YMCK 色條 (測試之色條為 Heidelberg 所設計提供)，當 C 之滿版濃度為 1.42、M 之滿版濃度為 1.22、Y 之滿版濃度為 1.13、K 之滿版濃度為 1.78 時，開始印刷。

數位印刷部分，由於數位印刷機使用電荷的正負感應而成像輸出，因此數位印刷不需網片及印版，沒有輸出網片及製版的過程，只需將測試導具之數位檔案輸入數位印刷機之伺服器內，調整控制廠房溫濕度及解析度，經過 RIP 解譯後，將資料傳輸至數位印刷機之印刷單位成像輸出。

每台印刷機各印製 100 張測試樣張，但由於 MGI Digital Carte Master Color 最大輸出尺寸為 A4，避免尺寸縮小後色塊過小不易測量，因此，將 A3 大小的樣張分成左右兩張，左右各輸出 100 張，共得 MGI Digital Carte Master Color 之樣張 200 張，因此，本實驗之測試樣張共 600 張（五台印刷機 × 100 張 + MGI × 200 張）。

三、取樣方式

六台印刷機各印製 100 張樣本，予以編號後，採

系統隨機抽樣 (Systematic Random Sampling)，各抽出 50 張樣本進行檢測。本研究使用 X-Rite 528 濃度計（內建設定為標準光源 D50、觀測角度 2 及 Status-T 濃度測量）量測每張樣本的 YMCRGB 色塊之 $L^*a^*b^*$ 值，每一量測區塊均量測一次。在進行量測之前，濃度計已完成歸零和校正的動作。最後將所測量之數據輸入統計軟體內進行資料分析並利用 Microsoft Excel 試算表軟體繪製 a^*b^* 色域圖。

研究發現與討論

本章節內容主要為資料數據的分析結果，本研究主要為色域表現之分析，因此，經 X-Rite 528 測量所得之各印刷機 YMCRGB 之 $L^*a^*b^*$ 值，再透過試算表軟體 Microsoft Excel 繪製各印刷機之全階調（明調、四分之一調、中間調、四分之三調及暗部調） a^*b^* 色域圖，並進一步分析各印刷機之色域表現差異。

一、 a^*b^* 色域圖 (a^*b^* Color Gamut) 分析

本節將分為四部分進行色域圖之分析：四台數位印刷機之間色域圖分析、混合型印刷機與傳統平版印刷機之間色域圖分析、混合型印刷機與數位印刷機之間色域圖分析及傳統平版印刷機與四台數位印刷機之間色域圖分析，各組之色域圖再細分為明調（10%）、四分之一調（25%）、中間調（50%）、四分之三調（75%）及暗部調（90%）五部分。

由於本研究將色域圖分為明調（10%）、四分之一調（25%）、中間調（50%）、四分之三調（75%）及暗部調（90%）五種階調，因此若將數值刻度統一固定則在明調、四分之一調及中間調之色域圖將會太小而不易閱讀，因此在座標 X、Y 軸的數值刻度沒有統一固定，而是根據不同階調依其測量值大小而做適當之標示，以利讀者閱讀。就五種階調而言以明調及四分之一調之色域表現範圍最小。

(一) 四台數位印刷機之間色域圖之分析

圖五至圖九為四台數位印刷機之間在明調（10%）、四分之一調（25%）、中間調（50%）、四分之三調（75%）及暗部調（90%）之色域圖。

1. 明調

圖五中四台數位印刷機在明調的色彩表現範圍有相當大的差異性。四台數位印刷機中 Chromapress、Digital Carte Master Color 與 Xeikon 皆為乾式噴墨的成像方式 (Dry Toner)，雖然成像方式相同但色域表現範圍的差異性卻相當大，尤其是 Digital Carte Master Color 的色域範圍最小，而 Chromapress 與 Xeikon 為機械原理相似的兩台數位印刷機，但 Chromapress 在黃色與綠色之間的色域表現較 Xeikon 為大，Indigo 為液體噴墨成像方式 (Liquid Toner)，不同於其他三台數位印刷機，因此其在明調的色域表現能力上與其他三台有顯著的差異，其在明調部分無法表現出綠色與藍色之間的色彩，黃色、紅色到藍色之間的色彩表現能力較佳。

2. 四分之一調

圖六中可看出四台數位印刷機在四分之一調的色彩表現範圍差異性較明調為小，但 Digital Carte Master Color 在四分之一調的色域表現在洋紅色與藍

色之間的色彩表現能力較佳，另外其紅色與綠色的落點相當接近座標 X 軸，座標 X 軸為紅色 (+a) 到綠色 (-a)，因此其在紅色與綠色的色彩表現上較忠於原色，而 Chromapress 與 Xeikon 在四分之一調的色域表現上差異性較明調為小，兩台數位印刷機在黃色與紅色之間的色彩表現能力相似，無顯著差異，因此，雖然 Chromapress、Xeikon 與 Digital Carte Master Color 皆為乾式噴墨成像，但在四分之一調的色域表現能力上確有相當大的差異，其中較特殊的為 Indigo 的四分之一調部分在綠色與青色之間的色域表現能力與 Chromapress 及 Xeikon 相近，在洋紅色與藍色之間的色域表現能力與 Chromapress 相近。

3. 中間調

圖七中 Digital Carte Master Color 在中間調的色域範圍最大，且在紅色與藍色之間的第四象限色域範圍最大，因此 Digital Carte Master Color 在中間調部分的整個色域表現能力較佳，而 Chromapress 與 Xeikon 在中間調的色域表現上差異性相當小，Indigo 的中間調部分在黃色與紅色之間的色域表現能力與 Chromapress 相近，在洋紅色、藍色與青色之間的色域表現能力與 Xeikon 相近，因此，雖然 Chromapress、Xeikon 與 Digital Carte Master Color 皆為噴墨成像，但 Digital Carte Master Color 的中間調色域表現能力與 Chromapress 與 Xeikon 的差異性相當大，而 Indigo 雖然為不同的成像方式，但其中間調的色域表現能力卻與 Chromapress 與 Xeikon 相近。

4. 四分之三調

圖八為四台數位印刷機四分之三調的 a^*b^* 色域圖，其中 Digital Carte Master Color 在四分之三調部分

的整個色域表現能力較其餘三台數位印刷機佳，而在四分之三調的色域表現上差異性相當小，幾乎是色域重疊的現象，Indigo 在四分之三調的色域表現範圍與 Chromapress 及 Xeikon 相當接近，尤其是與 Chromapress 的色域範圍較為接近，因此，雖然 Chromapress、Xeikon 與 Digital Carte Master Color 皆為噴墨成像，但 Digital Carte Master Color 的四分之三調色域表現能力與 Chromapress 與 Xeikon 的差異性相當大，而 Indigo 雖然為不同的成像方式，但其四分之三調的色域表現能力卻與 Chromapress 與 Xeikon 相當接近。

5. 暗部調

圖九中 Digital Carte Master Color 在洋紅色、藍色與青色的色域範圍較其餘三台數位印刷機為大，且其黃色、紅色、青色的落點與其餘三台數位印刷機相當接近，而紅色、黃色與綠色之間的色域與 Indigo 的色域表現能力相當接近，Indigo 在暗部調的色域表現範圍除了黃色與綠色之間的色域表現能力與 Digital Carte Master Color 較為相近外，其餘色域空間與 Chromapress 及 Xeikon 的色域表現能力相當接近，因此，雖然 Chromapress、Xeikon 與 Digital Carte Master Color 皆為噴墨成像，但 Digital Carte Master Color 的暗部調色域表現能力與 Chromapress 與 Xeikon 的色域表現能力卻有一點差異，而 Indigo 雖然為不同的成像方式，但其暗部調的色域表現能力卻與 Chromapress 與 Xeikon 相當接近。

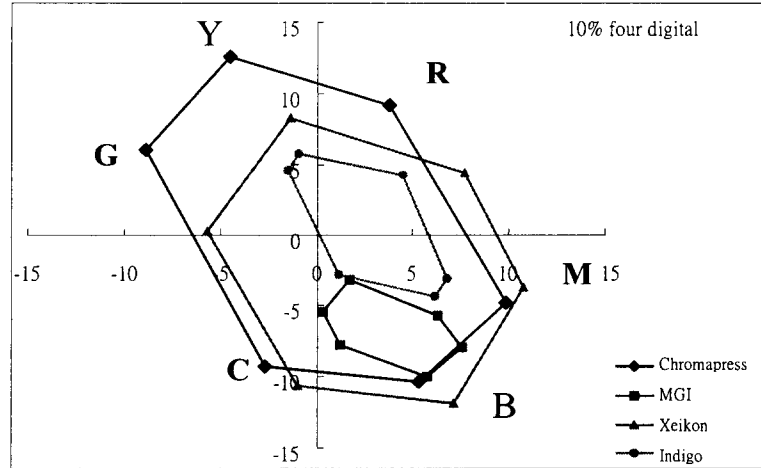


圖 5

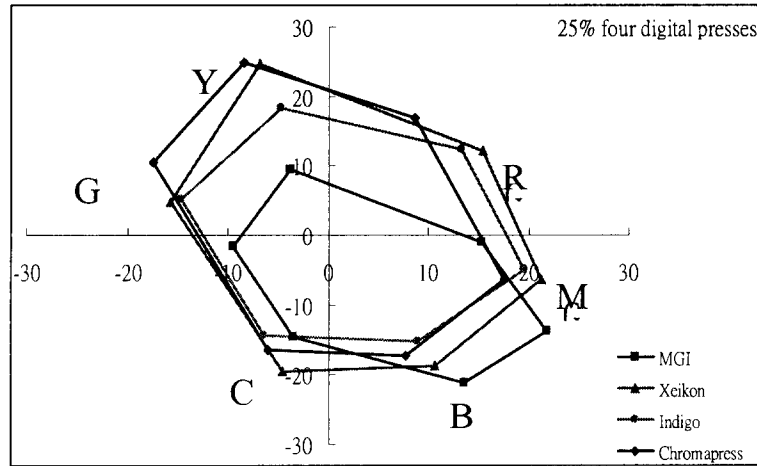


圖 6

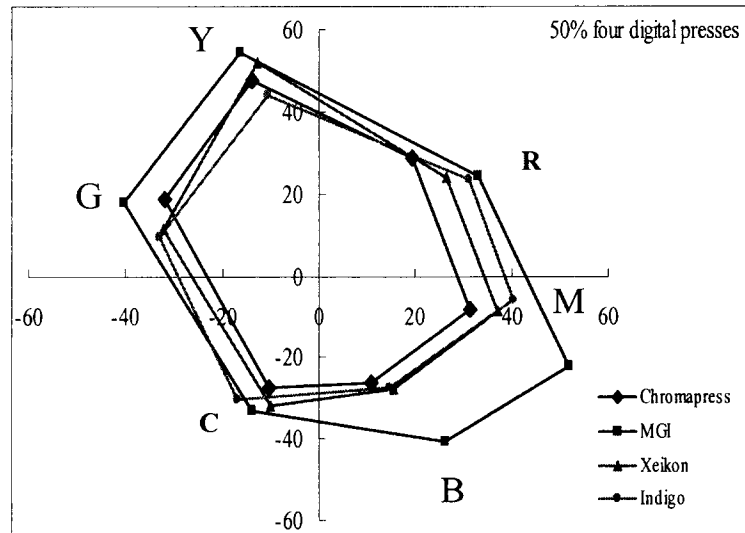


圖 7

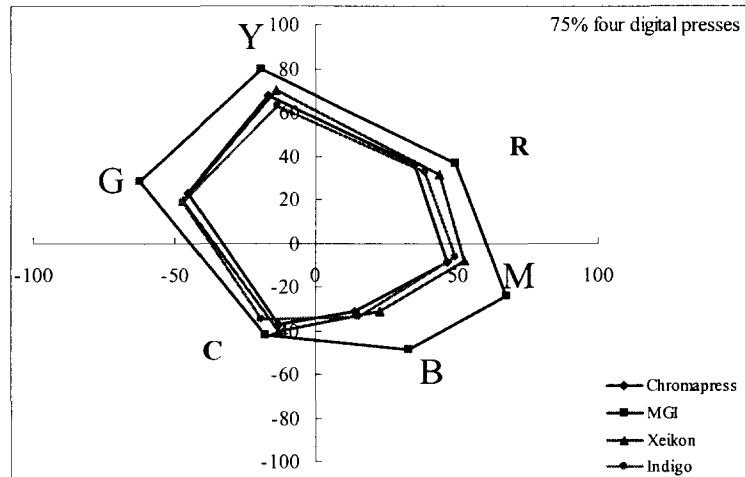


圖 8

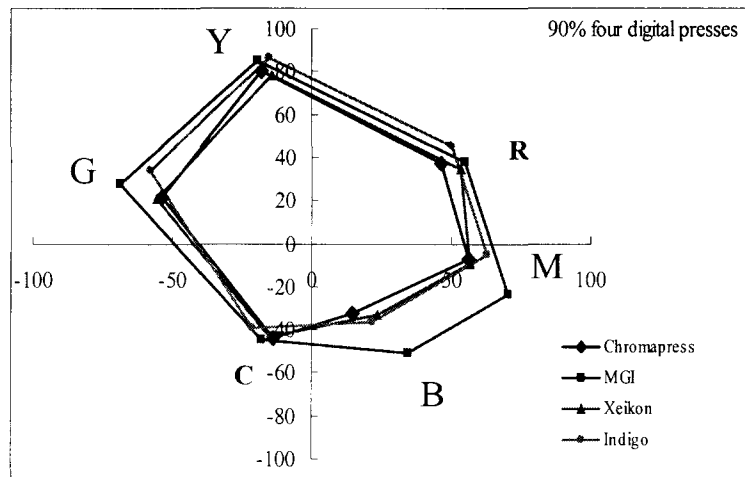


圖 9

(一)混合型印刷機與傳統平版印刷機色域圖之分析

1. 明調

圖十中混合型印刷機 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 的明調色域範圍明顯的小於 Heidelberg Speedmaster 102-5，因此，雖然 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 與 Heidelberg Speedmaster 102-5 皆為 Heidelberg 的印刷機，且同樣都使用傳統油墨，但兩台印刷機在明調的色彩表現能力的差異性卻相當大，且 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 在紅色、洋紅色及藍色的色域表現較大，因此其整個色域圖較偏於第四象限。

2. 四分之一調

圖十一中 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 的四分之一調色域範圍明顯的小於 Heidelberg Speedmaster 102-5，但兩台印刷機在紅色的色彩表現上具有相同的色域表現能力，而在藍色部分兩台印刷機的色彩表現差異性較小，而就整個色域圖而言，兩台印刷機在紅色、洋紅色及藍色的色域表現能力差異較小，在黃色、綠色及青色的色域表現能力差異較大。

3. 中間調

圖十二中 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 的中間調色域範圍明顯的小於 Heidelberg Speedmaster 102-5，但在紅色及洋紅色的色域表現能力差異較小，就兩台印刷機的整個色域圖而言，兩台印刷機在

紅色、洋紅色及藍色的色彩表現能力較為相似，在黃色、綠色及青色的色域表現差異較大。

4. 四分之三調

圖十中 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 的四分之三調色域範圍明顯的小於 Heidelberg Speedmaster 102-5，但在紅色、洋紅色、藍色及青色的色域表現能力差異較小，尤其在紅色與洋紅色的色彩表現部分，雖然色域無明顯的重疊現象，但可看出兩台印刷機的差異相當小，因此，兩台印刷機在紅色、洋紅色、藍色及青色的色彩表現能力較為相似。

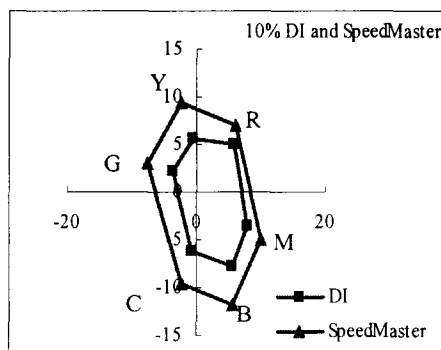


圖 10

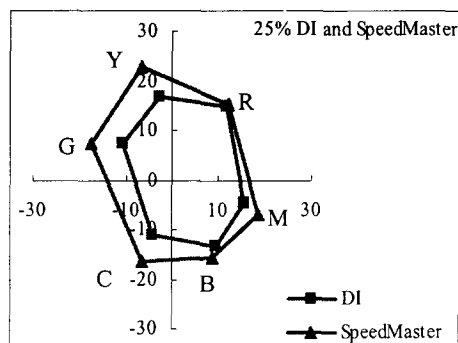


圖 11

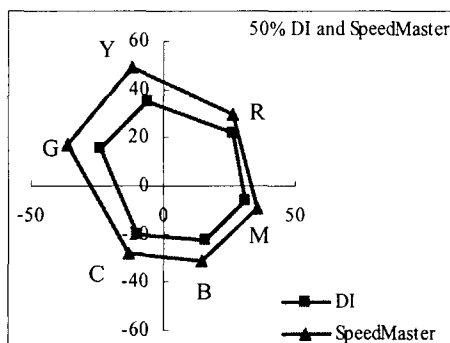


圖 12

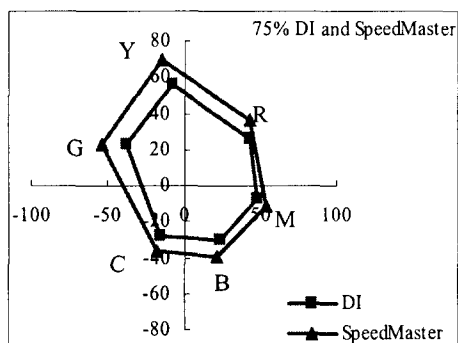


圖 13

5. 暗部調

圖十四中 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 的暗部調色域範圍明顯的小於 Heidelberg Speedmaster 102-5，但在黃色、紅色與洋紅色的色彩表現部分，雖然色域無明顯的重疊現象，但可看出兩台印刷機的差異相當小，因此，兩台印刷機在黃色、紅色、洋紅色、藍色及青色的色彩表現能力較為相似，尤其在紅色與青色的色彩表現能力上，而在黃色、綠色到青色的色域表現能力上則差異較大。

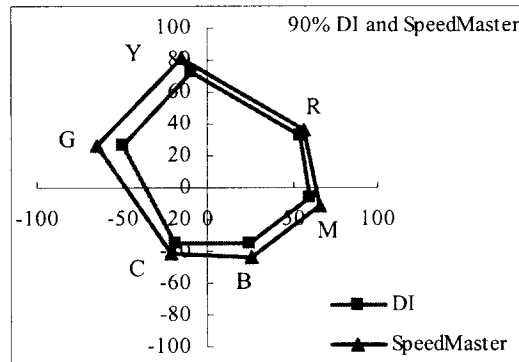


圖 14

(三)四台數位印刷機與混合型印刷機之間色域圖之分析

1.Xeikon DCP-50D 與 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 色域圖之分析

(1)明調

圖十五中 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 的明調色域範圍明顯的小於 Xeikon DCP-50D，且在紅色、黃色及綠色的色域差異較小，而紅色、洋紅色、藍色、青色到綠色的色域則差異較大，因此，兩台印刷機使用不同的油墨在色彩的表現上有相當大的差異。

(2)四分之一調

圖十六中 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 的四分之一調色域範圍明顯的小於 Xeikon DCP-50D，而 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 的紅色落在 Xeikon DCP-50D 的黃色與紅色之間色域範圍的線上，表示 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 在紅色的表現上與 Xeikon DCP-50D 的紅色很相近，但其較趨於黃色。

(3)中間調

圖十七中 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 的中間調色域範圍明顯的小於 Xeikon DCP-50D，而

Heidelberg Quickmaster DI 46-4 在紅色的表現上與 Xeikon DCP-50D 的紅色很相近，就兩台印刷機的整個色域圖而言，紅色、洋紅色及藍色的色域表現能力差異較小，而在黃色、綠色及青色的色域表現能力差異較大，且兩台之間在中間調色域表現差異較明調及四分之一調為小。

(4)四分之三調

圖十八中 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 的四分之三調色域範圍較 Xeikon DCP-50D 為小，而 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 在紅色、洋紅色及藍色的色域表現上與 Xeikon DCP-50D 非常相似，就兩台印刷機的整個色域圖而言，其之間的差異性比中間調的色域表現更小。

(5)暗部調

圖十九中 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 與 Xeikon DCP-50D 的色域範圍有重疊的現象，表示兩台印刷機在黃色、紅色、洋紅色到藍色的色域表現上非常相近，就兩台印刷機的整個色域圖而言，其之間的差異性相當小，也就是兩台印刷機在暗部調的色彩表現能力相當接近。

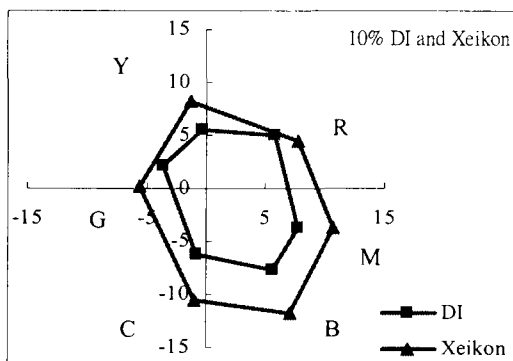


圖 15

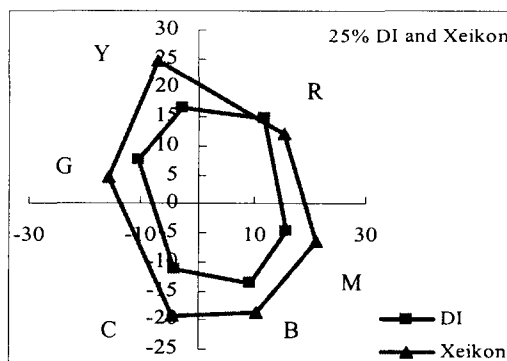


圖 16

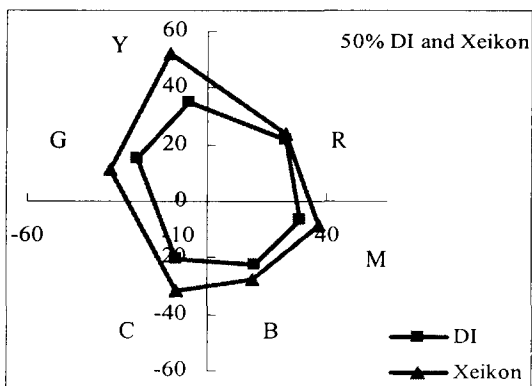


圖 17

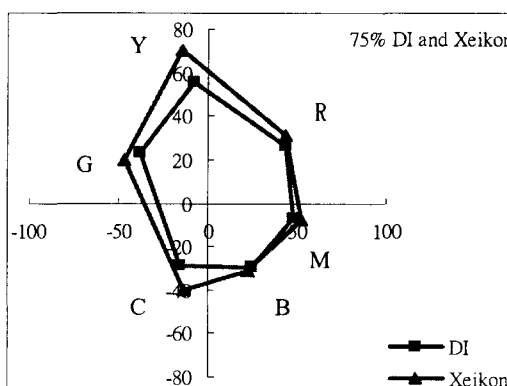


圖 18

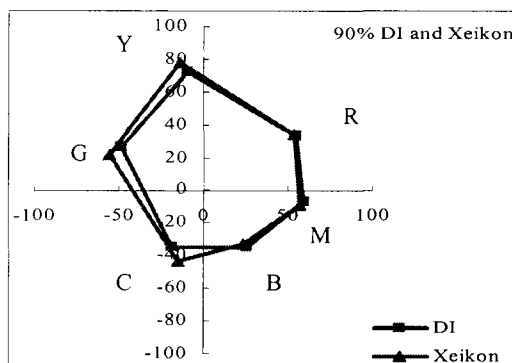


圖 19

2. Agfa Chromapress 50i 與 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 色域圖之分析

(1) 明調

圖二十為混合型印刷機 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 與數位印刷機 Agfa Chromapress 50i 明調的色彩表現色域圖，在圖中可看出 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 的明調色域範圍明顯的小於 Agfa Chromapress 50i，且 Heidelberg Quickmaster DI 46-4

在紅色的表現上與 Agfa Chromapress 50i 的紅色很相近，但其較趨於洋紅色，且 Agfa Chromapress 50i 在紅色、黃色到綠色的色域表現能力明顯的大於 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 的色域表現能力。

(2) 四分之一調

圖二十一顯示出 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 的四分之一調色域範圍小於 Agfa Chromapress 50i，但 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 在紅色的色彩表現

上卻較 Agfa Chromapress 50i 為大，且在洋紅色與藍色的色域表現差異也較小，而在黃色、綠色到青色的色域表現則差異較大，就整個色域圖而言 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 在紅色、洋紅色及藍色之間的色域表現能力較黃色、綠色及青色之間的色域表現能力為佳。

(3)中間調

圖二十二顯示出 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 與 Agfa Chromapress 50i 在中間調的色彩表現能力相當接近，而 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 在紅色的色域表現範圍較 Agfa Chromapress 50i 大，Agfa Chromapress 50i 的紅色色域表現範圍則較小且偏黃色，就兩台印刷機的整個色域圖而言，雖然差異性較明調及四分之一調小，但兩台印刷機在黃色與綠色之間的色域表現有較明顯的差異。

(4)四分之三調

圖二十三中可看出混合型印刷機 Heidelberg

Quickmaster DI 46-4 與數位印刷機 Agfa Chromapress 50i 在四分之三調的紅色、洋紅色、藍色、青色與綠色之間的色域表現差異較小，且兩台印刷機在洋紅色的色彩表現相當接近，且 Agfa Chromapress 50i 在青色的色彩表現較 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 大，就兩台印刷機的整個色域圖而言，其之間的差異性相當小，且在黃色與綠色之間的色域表現能力較中間調為弱。

(5)暗部調

圖二十四為混合型印刷機 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 與數位印刷機 Agfa Chromapress 50i 暗部調的色彩表現色域圖，其可看出兩台印刷機在暗部調的色域表現能力上非常相近，且在黃色與綠色之間的色域表現也較四分之三調為佳，雖然兩台印刷機所使用的油墨及機械原理皆不相同，但在暗部調的色域表現能力上的差異卻相當小。

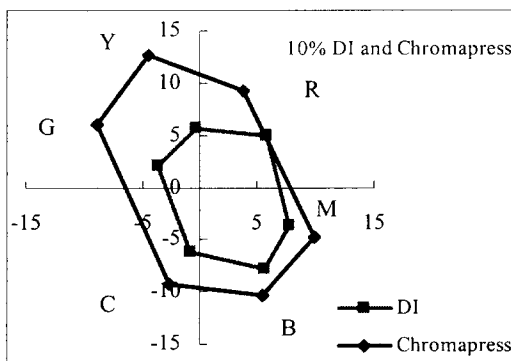


圖 20

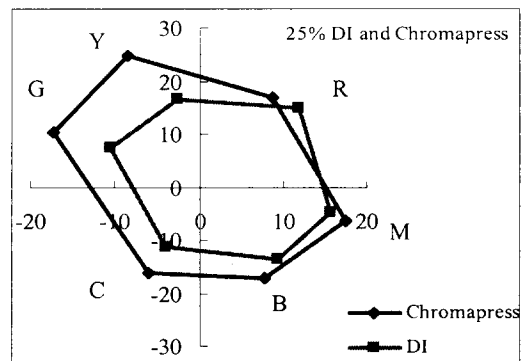


圖 21

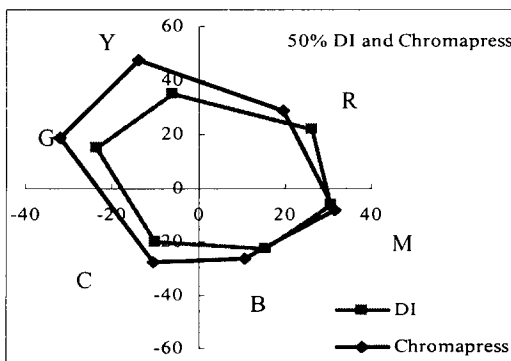


圖 22

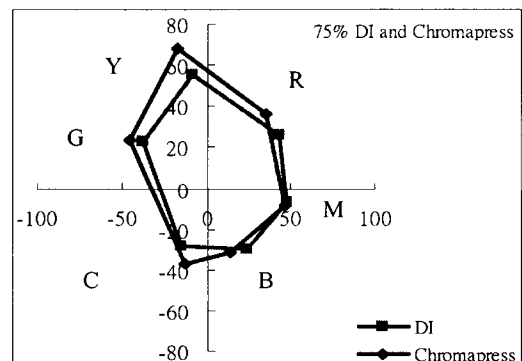


圖 23

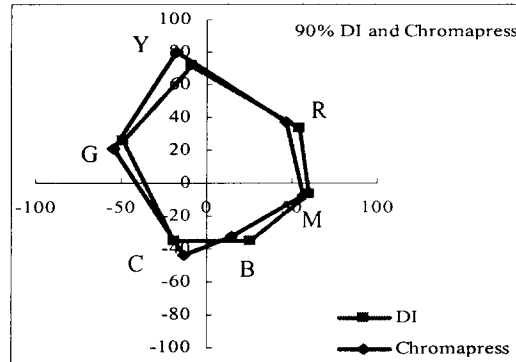


圖 24

3. MGI Digital Carte Master Color 與 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 色域圖之分析

(1) 明調

圖二十五顯示出 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 的明調色域範圍明顯的大於 MGI Digital Carte Master Color，且 MGI Digital Carte Master Color 在明調的色彩表現上只能表現出紅色與藍色之間的色彩，而無法表現出紅色、黃色、綠色到藍色之間第一、二、三象限的色彩，而 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 則是在黃色、紅色到藍色之間第一、四象限的色彩表現能力較佳。

(2) 四分之一調

圖二十六中 MGI Digital Carte Master Color 在紅色與藍色之間第四象限的色彩表現能力較佳，尤其在紅色與綠色的色彩表現更能忠於原色，就整個色域圖而言，Heidelberg Quickmaster DI 46-4 在紅色、黃色到綠色之間的色域表現範圍較大，而 MGI Digital Carte Master Color 則在紅色與藍色之間的色域表現範圍較大。

(3) 中間調

圖二十七 MGI Digital Carte Master Color 的色域範圍明顯的大於 Heidelberg Quickmaster DI 46-4，表示其中間調的色域表現能力較 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 佳，其所可表現的色彩更多，且在綠色、黃色、紅色到藍色之間的第二、一、四象限色域表現能力較大。

(4) 四分之三調

圖二十八顯示出 MGI Digital Carte Master Color 的色域範圍明顯的大於 Heidelberg Quickmaster DI 46-4，表示其在四分之三調的色域表現能力較 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 佳，其所可表現的色彩更多，且也是在綠色、黃色、紅色到藍色之間的第二、一、四象限色域表現能力較大。

(5) 暗部調

圖二十九中可看出混合型印刷機 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 與數位印刷機 MGI Digital Carte Master Color 在黃色與紅色之間的色域表現差異相當小，且兩台印刷機在黃色與紅色之間的色彩表現能力差異較小，在黃色與綠色及青色、藍色與洋紅色的色彩表現能力差異較大。

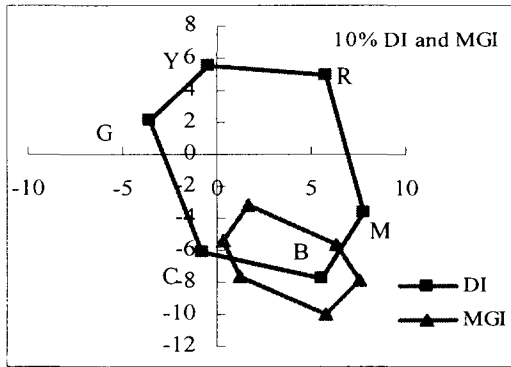


圖 25

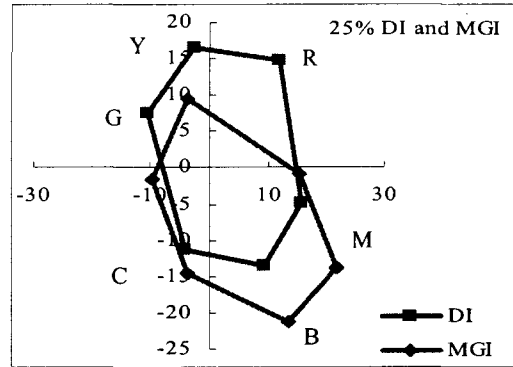


圖 26

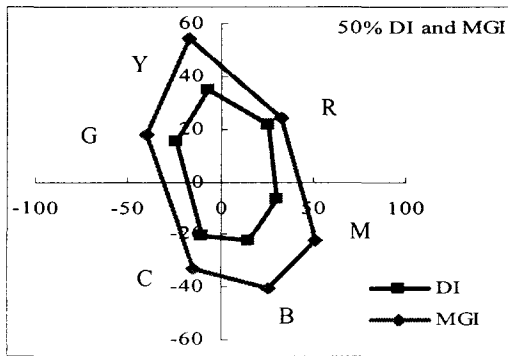


圖 27

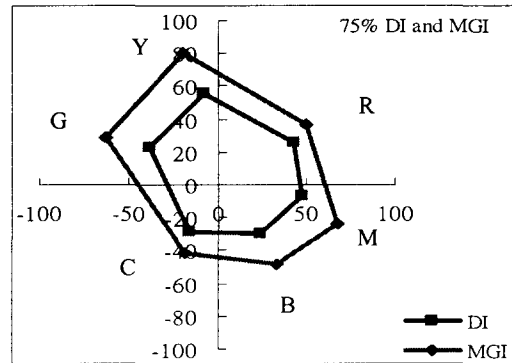


圖 28

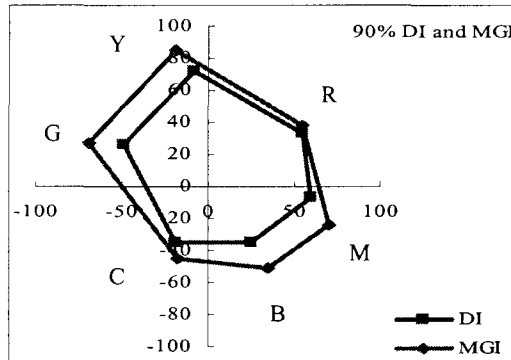


圖 29

4. Indigo E-Print 1000 與 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 色域圖之分析

(1) 明調

圖三十中可看出 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 的黃色、紅色與洋紅色之間的色域表現與 Indigo E-Print 1000 的色彩表現相當接近，而在藍色與青色之間的色域表現差異則相當大，且 Heidelberg

Quickmaster DI 46-4 與 Indigo E-Print 1000 的色域均偏在黃色、紅色到藍色之間的第一、四象限，尤其是 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 其在明調部分無法表現出綠色與藍色之間第三象限的色彩。

(2) 四分之一調

圖三十一 Indigo E-Print 1000 的色域範圍較 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 為大一點，而在紅色

的表現上 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 的色彩表現較 Indigo E-Print 1000 為大一點，就整個色域圖而言兩台印刷機在綠色、黃色到紅色的色域表現差異更小，且兩台印刷機均在黃色、紅色到藍色之間的第一、四象限的色彩表現能力較佳。

(3)中間調

圖三十二顯示出 Indigo E-Print 1000 在中間調的色域表現能力較 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 佳，且兩台印刷機在藍色的色彩表現上相當接近，就兩台印刷機的整個色域圖而言，Indigo E-Print 1000 的分佈較均勻，而 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 則在綠色與藍色之間的第三象限色彩表現能力較小。

(4)四分之三調

圖三十三混合型印刷機 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 與數位印刷機 Indigo E-Print 1000 在在黃色、紅色、洋紅色與藍色之間的色彩差異性小，且兩台印刷機在綠色與藍色之間第三象限色彩表現能力較弱，雖然兩台印刷機所使用的油墨及機械原理皆不相同，但在四分之三調的色域表現能力上的差異卻相當小。

(5)暗部調

圖三十四中亦可看出 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 與 Indigo E-Print 1000 兩台印刷機在紅色、洋紅色、藍色、青色與綠色之間的色彩差異性小，且兩台印刷機在綠色、黃色與紅色之間的色彩表現能力較佳，而在綠色與藍色之間的色彩表現能力較弱。

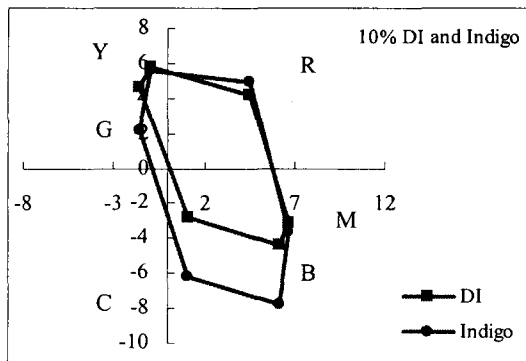


圖 30

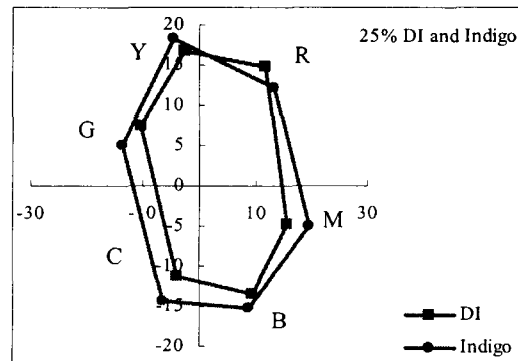


圖 31

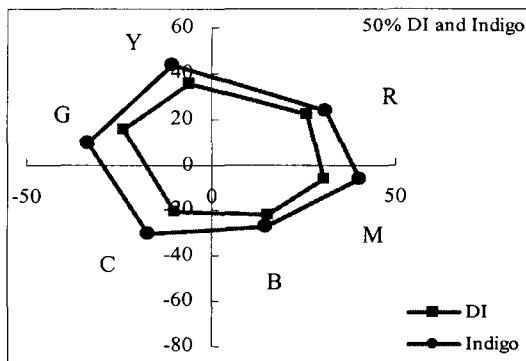


圖 32

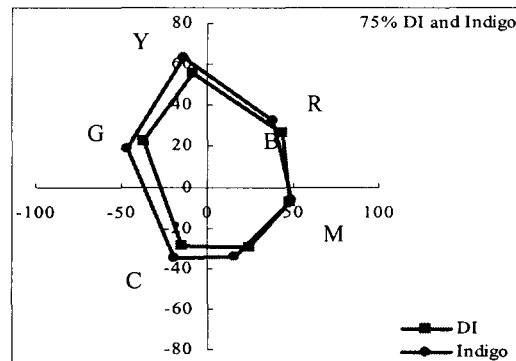


圖 33

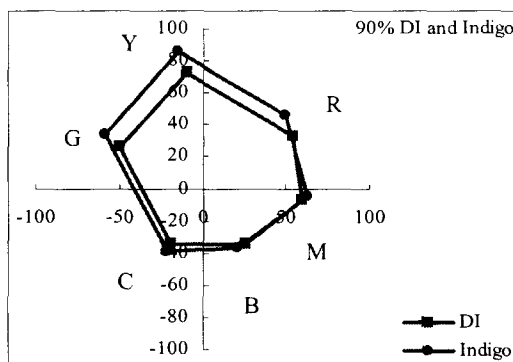


圖 34

(四) 四台數位印刷機與傳統平版印刷機之間色域圖之分析

1. Xeikon DCP-50D 與 Heidelberg Speedmaster 102-5 色域圖之分析

(1) 明調

圖三十五 Heidelberg Speedmaster 102-5 與 Xeikon DCP-50D 在藍色與青色之間有重疊，表示其之間的色彩差異較小，而在黃色與綠色之間的色彩差異較大，且兩台印刷機在紅色與藍色之間的色彩表現能力最大，雖然兩台印刷機所使用的油墨及機械原理皆不相同，但在明調的色域表現能力上的差異卻相當小。

(2) 四分之一調

圖三十六中可看出 Heidelberg Speedmaster 102-5 與 Xeikon DCP-50D 兩台印刷機在紅色、黃色、綠色與青色之間的色域空間有部分重疊，表示其之間的色彩表現能力相當接近，而在紅色、洋紅色藍色與青色之間的色彩差異較大。

(3) 中間調

圖三十七顯示出傳統平版印刷機 Heidelberg Speedmaster 102-5 與數位印刷機 Xeikon DCP-50D 兩

台印刷機在黃色、紅色、洋紅色、藍色與青色之間的色彩表現能力相當接近，而 Heidelberg Speedmaster 102-5 在紅色與綠色的色彩表現能力較 Xeikon DCP-50D 稍大。

(4) 四分之三調

圖三十八中可看出兩台印刷機在四分之三調的色域空間差異相當小，幾乎整個色域空間都有重疊，且兩台印刷機在紅色、黃色與綠色之間第一、二象限的色域空間較大，表示兩台印刷機在此象限的色彩表現能力較大，因此，雖然兩台印刷機所使用的油墨及機械原理皆不相同，但在四分之三調的色域表現能力卻相當接近。

(5) 暗部調

圖三十九顯示出 Heidelberg Speedmaster 102-5 在綠色與黃色及藍色、洋紅色與紅色之間的色表現較 Xeikon DCP-50D 稍大一點，換言之數位印刷機 Xeikon DCP-50D 在暗部區域的色彩表現與傳統平版印刷機 Heidelberg Speedmaster 102-5 極為相似，亦即數位印刷機 Xeikon DCP-50D 的色彩表現能力可達到傳統平版印刷機 Heidelberg Speedmaster 102-5 的色彩表現品質。

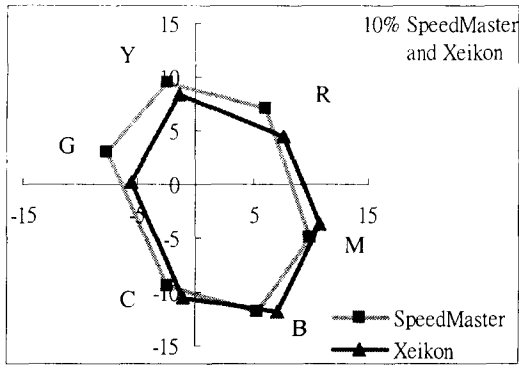


圖 35

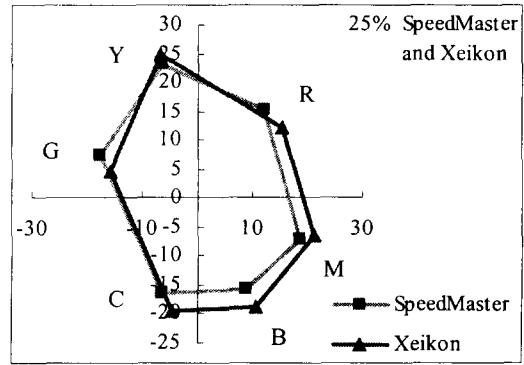


圖 36

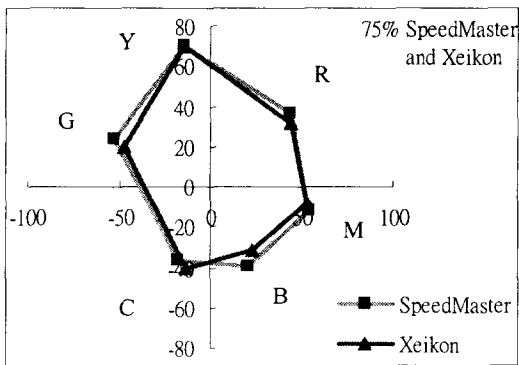


圖 37

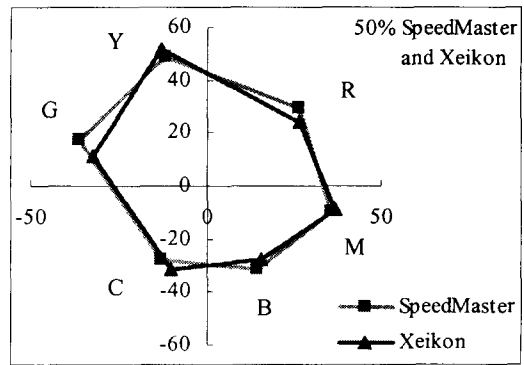


圖 38

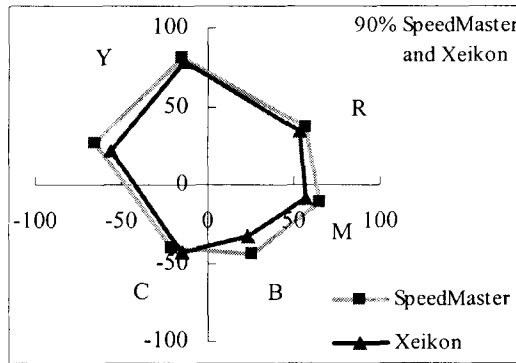


圖 39

2. Agfa Chromapress 50i 與 Heidelberg Speedmaster 102-5 色域圖之分析

(1) 明調

圖四十中可看出 Heidelberg Speedmaster 102-5 與 Agfa Chromapress 50i 在紅色、洋紅色、藍色與青色之間的色彩表現差異相當小，而紅色、黃色與綠色之間的色域表現範圍較大，且也可明顯看出 Heidelberg Speedmaster 102-5 的色域空間明顯的小於 Agfa Chromapress 50i。

(2) 四分之一調

圖四十一中顯示 Heidelberg Speedmaster 102-5 的色域空間與 Agfa Chromapress 50i 兩台印刷機在四分之一調的色彩表現能力十分相似，其中 Heidelberg Speedmaster 102-5 在紅色的色彩表現上較 Agfa Chromapress 50i 的色域範圍稍大，因此，雖然兩台印刷機為兩種截然不同的形式，但在四分之一調的色彩表現能力確有相似的结果。

(3) 中間調

圖四十二中可明顯看出 Agfa Chromapress 50i 的色域空間較 Heidelberg Speedmaster 102-5 小，且兩台

印刷機在紅色與洋紅色之間的色域空間差異較大，而就兩台印刷機的整個色域空間而言，其皆偏於紅色、黃色與綠色之間的第一、二象限。

(4)四分之三調

圖四十三顯示出兩台印刷機在四分之三調的色域空間差異較小，而兩台印刷機在紅色、洋紅色與藍色之間的色域空間差異較大，在紅色、黃色綠色與青色之間的色域表現則較小，且兩台印刷機在紅色、黃色與綠色之間的色彩表現能力較佳。

(5)暗部調

圖四十四顯示兩台印刷機的色域空間皆偏紅色、黃色與綠色之間的第一、二象限，且可明顯看出 Agfa Chromapress 50i 的色域空間較 Heidelberg Speedmaster 102-5 小，其中在紅色、洋紅色與藍色之間的色域空間差異較大，而在黃色與紅色及綠色與青色之間的色域空間則差異相當小，因此，雖然兩台印刷機的機械原理與成像方式皆不相同，但在暗部調的色域表現能力上卻十分接近。

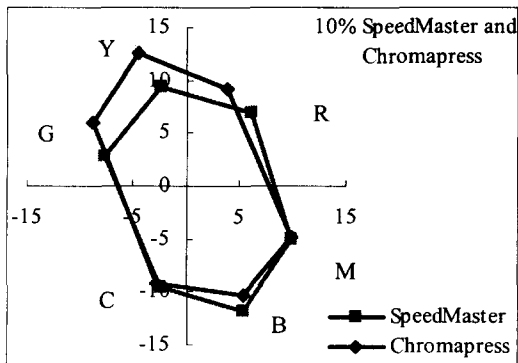


圖 40

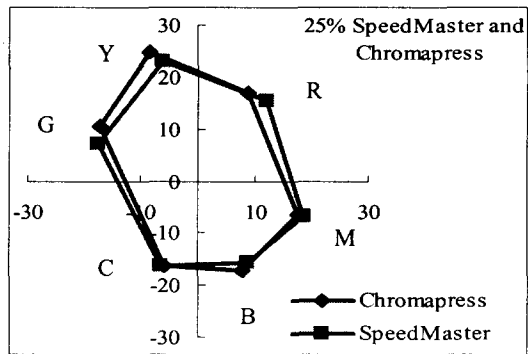


圖 41

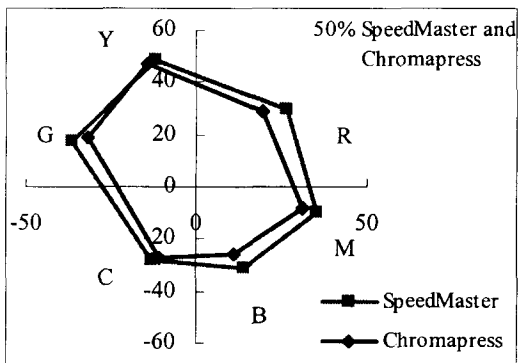


圖 42

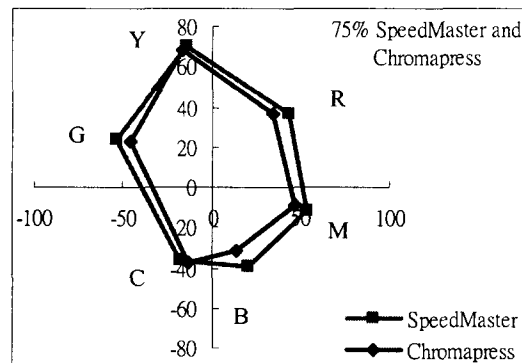


圖 43

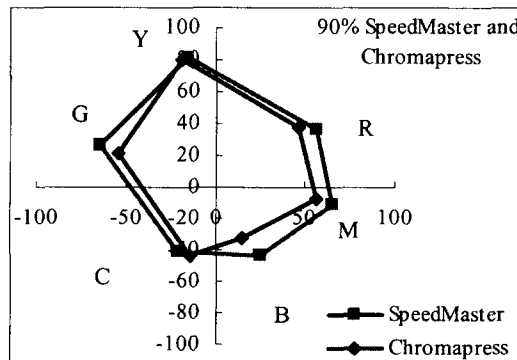


圖 44

3.MGI Digital Carte Master Color 與 Heidelberg Speedmaster 102-5 色域圖之分析

(1)明調

圖四十五中看出 MGI Digital Carte Master Color 的四色域空間相當小，且只落在紅色與藍色之間的第四象限，因此，其在色彩的表現上較 Heidelberg Speedmaster 102-5 弱，其在明調無法表現出其他象限的色彩。

(2)四分之一調

圖四十六中 Heidelberg Speedmaster 102-5 的色域空間均勻的落在四個象限，而 MGI Digital Carte Master Color 在紅色與藍色之間的色彩表現能力最佳，在紅色、黃色、綠色與藍色之間的第一、二、三象限的色彩表現能力則較弱，因此兩種截然不同類型的印刷機在明調及四分之一調的色彩表現能力均有相當大的差異。

(3)中間調

圖四十七中可看出數位印刷機 MGI Digital Carte Master Color 在紅色、洋紅色與藍色之間的色

域空間較大，而兩台印刷機在紅色、綠色與青色之間的色彩表現能力較為接近，且兩台印刷機在紅色、黃色與綠色之間的色域空間較大，表示其色彩表現能力較佳。

(4)四分之三調

圖四十八可看出 Heidelberg Speedmaster 102-5 的色域空間較 MGI Digital Carte Master Color 小，且 Heidelberg Speedmaster 102-5 在紅色、洋紅色與藍色之間及黃色與綠色之間的色彩表現能力較 MGI Digital Carte Master Color 佳，就整個色域空間而言，兩台印刷機在紅色、黃色與綠色之間第一、二象限的色彩表現能力較佳。

(5)暗部調

圖四十九顯示出兩台印刷機的色域空間皆偏紅色、黃色與綠色之間的第一、二象限，且色域空間的差異不大，只有 MGI Digital Carte Master Color 在洋紅色與藍色之間的色域空間較 Heidelberg Speedmaster 102-5 大，兩台印刷機在黃色與紅色之間的色域空間中具有相似的色彩表現能力。

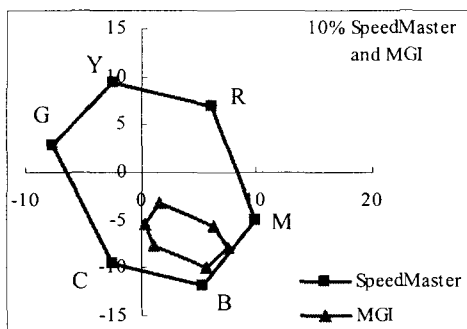


圖 45

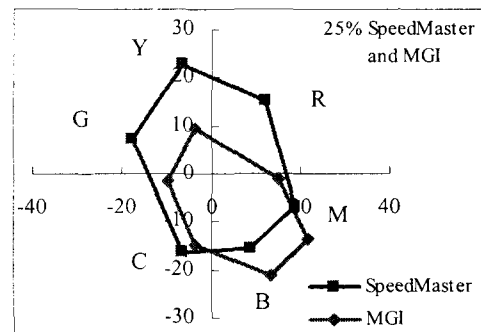


圖 46

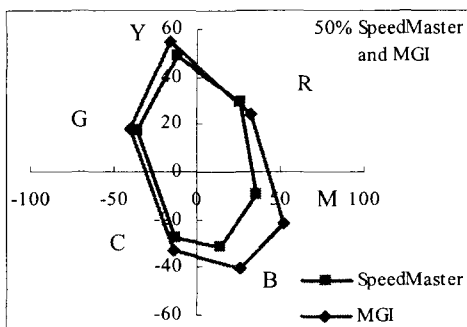


圖 47

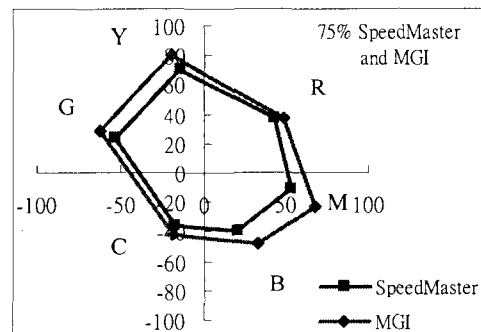


圖 48

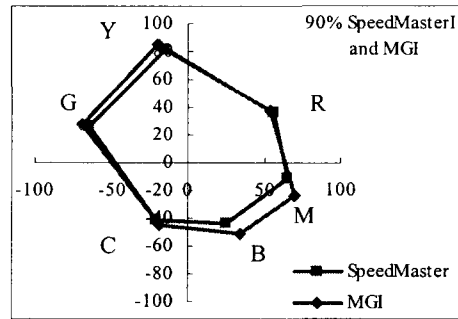


圖 49

4. Indigo E-Print 1000 與 Heidelberg Speedmaster 102-5 色域圖之分析

(1)明調

圖五十中可看出 Indigo E-Print 1000 的色域空間相當小只落在綠色、黃色、紅色與藍色之間的第二、一、四象限，因此，其在色彩的表現上較 Heidelberg Speedmaster 102-5 弱，其在明調無法表現出綠色與藍色之間的色彩，而 Heidelberg Speedmaster 102-5 在明調的色域空間則分佈的相當均勻。

(2)四分之一調

圖五十一 Heidelberg Speedmaster 102-5 在紅色、黃色與綠色之間的色域空間較 Indigo E-Print 1000 大，而在紅色、洋紅色、藍色、青色與綠色之間的色域空間則與 Indigo E-Print 1000 的色域空間差異相當小，因此，兩種不同機械原理的印刷機在明調的色域表現能力卻具有相似的結果。

(3)中間調

圖五十二顯示出 Heidelberg Speedmaster 102-5 與 Indigo E-Print 1000 兩台印刷機在洋紅色、藍色、青色與綠色之間的色域空間有重疊的現象，表示兩台印刷機的差異相當小，而 Heidelberg Speedmaster 102-5 在紅色、黃色與綠色之間的色域空間較大，在紅色與洋

紅色之間的色域空間則較小。

(4)四分之三調

圖五十三中可看出兩台印刷機在四分之三調的色域表現能力相當近似，其色域重疊部分多且之間的差異性也較小，其中 Heidelberg Speedmaster 102-5 的色域空間較 Indigo E-Print 1000 稍大，且兩台印刷機在紅色、黃色與綠色之間的色彩表現能力較佳，且在四分之三調的色彩表現上極為相似，雖然數位印刷機 Indigo E-Print 1000 使用電子油墨，而傳統平版印刷機使用一般傳統油墨，但兩台印刷機在四分之三調的色彩表現能力卻極為相近。

(5)暗部調

圖五十四中顯示出兩台印刷機的色域空間皆偏紅色、黃色與綠色之間的第一、二象限，且色域空間的差異不大，只有 Heidelberg Speedmaster 102-5 在洋紅色與藍色之間及青色與綠色之間的色域空間較 Indigo E-Print 100 大，其餘在洋紅色、紅色、黃色與綠色之間的色彩表現能力十分相近，因此，數位印刷機 Indigo E-Print 1000 在色彩的表現上可達到與傳統平版印刷機 Heidelberg Speedmaster 102-5 的色彩表現品質。

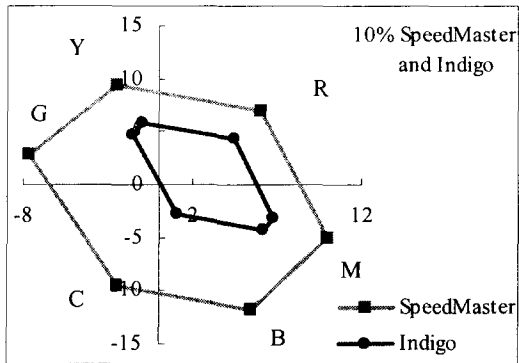


圖 50

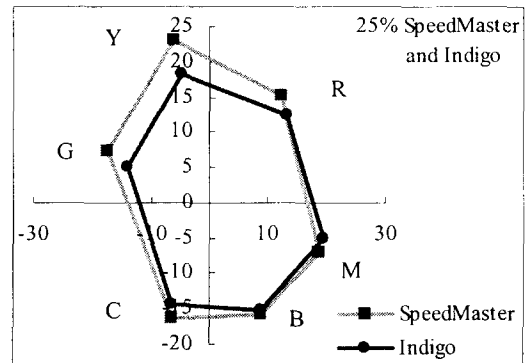


圖 51

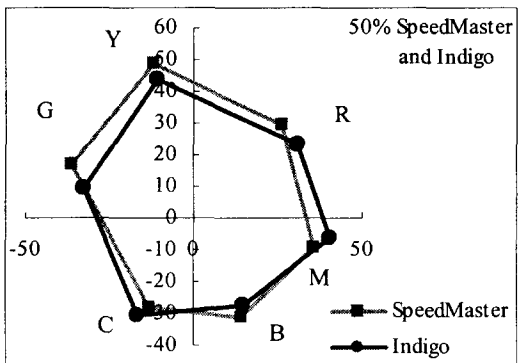


圖 52

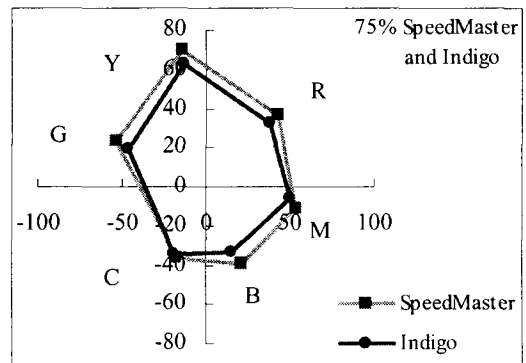


圖 53

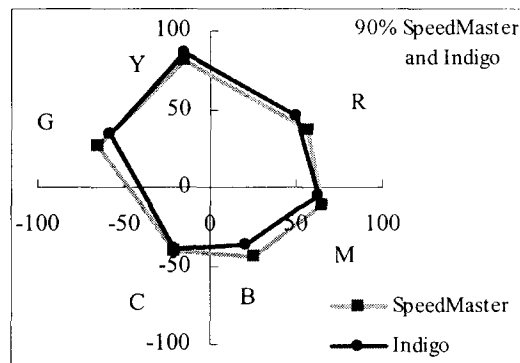


圖 54

結論與建議

此部分總結前面色域圖之分析，分為以下四部分討論，並與過去相關研究比較：

一、色域圖分析結論

(一)四台數位印刷機之間色域圖分析結論

綜合圖五至九中，四台數位印刷機在 10% 及 25% 的色彩表現能力差異相當大，而在 50% 至 90% 的色域以 MGI Digital Carte Master Color 的色域最大，換句話說 MGI Digital Carte Master Color 在中間調、四分之一調及暗部調的色彩表現能力較佳。

(二)混合型印刷機與傳統平版印刷機之間色

域圖分析結論

總結圖十至十四，Heidelberg Speedmaster 102-5 的色域在 10% 至 90% 各部分均大於 Heidelberg Quickmaster DI 46-4，換句話說，傳統平版印刷方式之 Heidelberg Speedmaster 102-5 的色彩表現能力比機上直接製版之 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 為佳。

(三) 四台數位印刷機與混合型印刷機之間色域圖分析結論

1. Xeikon DCP-50D 與 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 色域圖分析結論

圖十五至十九顯示 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 與 Xeikon DCP-50D 在 75% 與 90% 的色域圖相近，亦即，機上直接製版之 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 與乾式噴墨之 Xeikon DCP-50D 在四分之三調及暗部調的色彩表現能力十分近似。

2. Agfa Chromapress 50i 與 Heidelberg QuickMaster DI 46-4 色域圖分析結論

總結圖二十至二十四，Heidelberg Quickmaster DI 46-4 與 Agfa Chromapress 50i 在 75% 與 90% 的色域圖相近，換言之，機上直接製版之 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 與乾式噴墨之 Agfa Chromapress 50i 在四分之三調及暗部調的色彩表現能力十分近似。

3. MGI Digital Carte Master Color 與 Heidelberg QuickMaster DI 46-4 色域圖分析結論

從圖二十五至二十九可看出 MGI Digital Carte Master Color 在 50%、75% 與 90% 的色域圖較 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 大，換句話說，乾式噴墨之 MGI Digital Carte Master Color 在中間調、四分之三調及暗部調的色彩表現能力比機上直接製版之 Heidelberg QuickMaster DI 46-4 為佳。

4. Indigo E-Print 1000 與 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 色域圖分析結論

在圖三十至三十四中，有一明顯特點，即是 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 與 Indigo E-Print 1000

在 75% 與 90% 的色域表現相近，這顯示機上直接製版之 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 在四分之三調及暗部調的色彩表現能力與液態噴墨之 Indigo E-Print 1000 在四分之三調及暗部調的色彩表現能力相似。

(四) 四台數位印刷機與傳統平版印刷機之間色域圖分析結論

1. Xeikon DCP-50D 與 Heidelberg Speedmaster 102-5 色域圖分析結論

圖三十五至三十九顯示 Xeikon DCP-50D 與 Heidelberg Speedmaster 102-5 在 10% 至 90% 的色域圖均十分相似，亦即，乾式噴墨之 Xeikon DCP-50D 並未與傳統平版印刷之 Heidelberg Speedmaster 102-5 在明調至暗部調的全階調色彩表現能力相差太遠，甚至可說相當接近。

2. Agfa Chromapress 50i 與 Heidelberg Speedmaster 102-5 色域圖分析結論

總結圖四十至四十四，Agfa Chromapress 50i 與 Heidelberg Speedmaster 102-5 在 10% 至 90% 的色域圖均十分接近，換言之，乾式噴墨之 Agfa Chromapress 50i 與傳統平版印刷之 Heidelberg Speedmaster 102-5 在明調至暗部調的全階調色彩表現能力相當接近。

3. MGI Digital Carte Master Color 與 Heidelberg Speedmaster 102-5 色域圖分析結論

從圖四十五至四十九可結論出乾式噴墨之 MGI Digital Carte Master Color 與傳統印刷方式之 Heidelberg Speedmaster 102-5 只在 75% 與 90% 階調（偏暗部調）的色彩表現能力近似。

4. Indigo E-Print 1000 與 Heidelberg Speedmaster 102-5 色域圖分析結論

在圖五十至五十四中有一特點，即是液體噴墨之 Indigo E-Print 1000 與傳統印刷方式之 Speedmaster 102-5 在 50%、75% 與 90% 的色域表現能力相近。

總而言之，六台印刷機在明調區域的 a^*b^*

色域圖差異最大，同樣為乾式碳粉的數位印刷機中 Agfa Chromapress 50i 與 Xeikon DCP-50D 的 a^*b^* 色域圖較為相近，而 MGI Digital Carte Master Color 在明調、四分之一調的 a^*b^* 色域圖最小，表示其明調的色彩表現能力較弱，在中間調、四分之三調及暗部調的 a^*b^* 色域圖最大，與 Agfa Chromapress 50i 及 Xeikon DCP-50D 有相當大的差別。Indigo E-Print 1000 為液態電子油墨的數位印刷機，其 a^*b^* 色域圖只有在四分之一調較乾式碳粉的數位印刷機小，其餘明調、四分之一調、中間調及暗部調的 a^*b^* 色域圖均較大。Heidelberg Quickmaster DI 46-4 與 Heidelberg Speedmaster 102-5 雖然都使用傳統油墨，但機上直接製版之無水平版印刷的 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 的 a^*b^* 色域圖卻顯著的小於傳統平版印刷之 Speedmaster 102-5。

二、與過去相關研究比較

在 GATF 1999 年的科技研究報告中 Phillip N. Hutton、Frank V. Kanonik 及 Gregory M. Radencic 所提出的彩色數位印刷研究報告中 (GATF Digital Color Printing Study)，其探討 Agfa Chromapress 32i、IBM InfoColor 70、IBM InfoPrint Color 100、Xerox DocuColor 70 及 Xeikon DCP/32D 等五台數位印刷機及混合型印刷機 Heidelberg QuickMaster 46-4 在印刷品質及成本上的差異分析 (Hutton, Kanonik, and Radencic, 1999, p.4)。其結果顯示碳粉成像 (toner-based) 的數位印刷機在塗佈紙及非塗佈紙的 a^*b^* 色域圖非常相似，而傳統平版印刷機在塗佈紙的 a^*b^* 色域圖較非塗佈紙的 a^*b^* 色域圖為佳，且碳粉成像 (toner-based) 的數位印刷機的 a^*b^* 色域圖落在傳統平版印刷機的塗佈紙與非塗佈紙 a^*b^* 色域圖之間的中間，因此，碳粉成像的數位印刷機在非塗佈紙的

a^*b^* 色域圖較傳統平版印刷機佳，而該研究中有重要一發現就是碳粉成像的數位印刷機在第三色混合色塊的 a^*b^* 色域圖會傾向青色而變化，此與傳統平版印刷機有相當大的差別。該研究亦指出 Quickmaster 46-4 使用傳統油墨，因此，其 a^*b^* 色域圖與傳統平版印刷機極為相似 (Hutton, et al., 1999, p.16)。

另外在無水平版組織協會 (Waterless Printing Association) 的一項報告指出無水平版的色彩空間較一般傳統平版來的大，其組織之會員均提供各自之無水平版進行研究比較，而結果顯示使用無水平版輸出之印刷品其有較高的濃度且色域空間也較傳統平版印刷大 ("Bigger Waterless Color Space," 2001)，圖五十五即為其傳統平版與無水平版之色域圖，圖五十六至六十為本研究中使用無水平版之混合型印刷機 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 與傳統平版印刷機之 Heidelberg Speedmaster 102-5 在明調、四分之一調、中間調、四分之三調及暗部調之 a^*b^* 色域圖，其可明顯看出本研究中使用無水平版之 Heidelberg Quickmaster DI 46-4 在 a^*b^* 色域圖表現上均明顯小於傳統平版印刷機 Heidelberg Speedmaster 102-5。

美國印刷技術基金會資深研究員 Anthony Stanton 博士對於本研究之結果提出幾點看法，Heidelberg Quickmaster DI 46-4 所使用的印版為多元聚酯印版，其解析度較無水平版協會所使用的金屬印版低，因此，其印刷品品質不及無水平版協會所輸出的品質，另外，色域圖通常在滿版濃度部分會呈現較大，且對無水平版而言，寬廣的色域空間通常必須在高印墨濃度的狀況下，其網點擴大情形會較小，因此，印刷機印墨濃度對其色域空間的表現影響很大，換言之，網點擴大情形小，色域空間相對的較大，而減少網點擴大、增加色域表現範圍為無水平版與傳統平版印刷的最大差別。

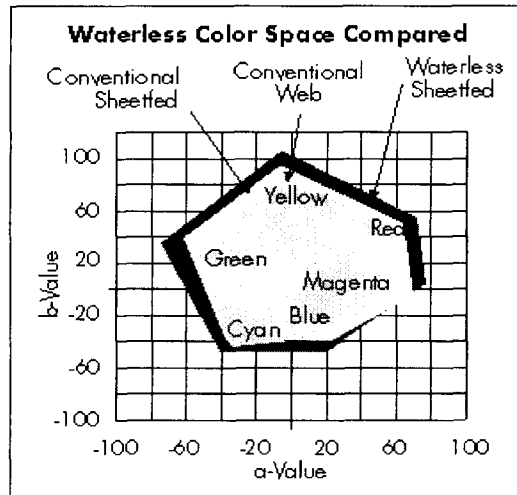


圖 55

資料來源："Bigger Waterless Color Space," 2001

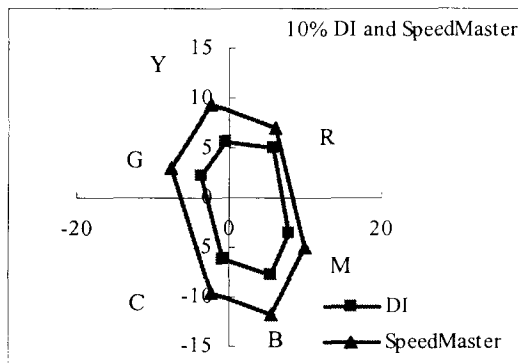


圖 56

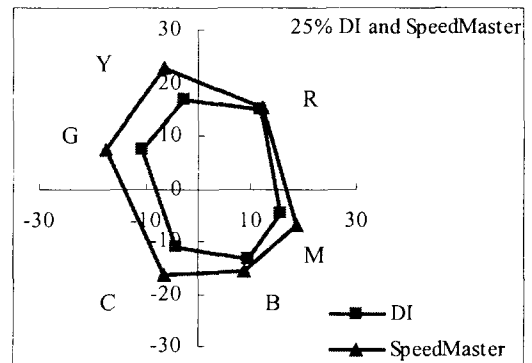


圖 57

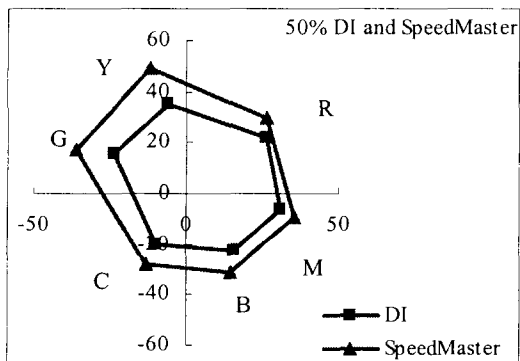


圖 58

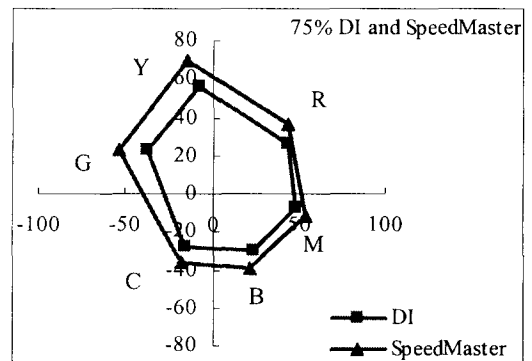


圖 59

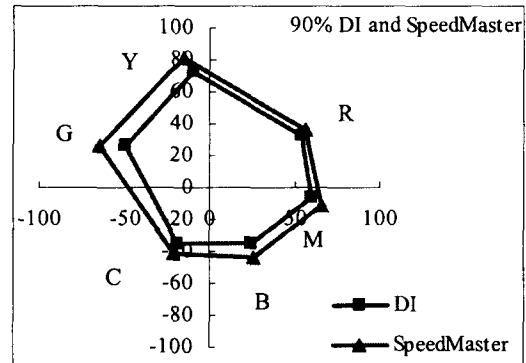


圖 60

三、後續研究之建議

本研究基於研究結果，對未來的研究方向提出幾點建議：

- (一)色彩方面的研究除了本研究中的 $L^*a^*b^*$ 外，尚有探討彩度及色相角度的 $L^*C^*h^\circ$ ，因此在後續研究中除了繪製 a^*b^* 色域圖 (a^*b^* Color Gamut) 外，可更進一步量測 $L^*C^*h^\circ$ ，探討色塊在彩度上的變化。
- (二)本研究使用 X-Rite 528 測量各單色滿版色塊上的 $L^*a^*b^*$ 值，而在色彩方面的測量儀器以分光光譜儀 (Spectrophotometer) 為最佳的測量儀器，因

此，建議後續研究者使用分光光譜儀 (Spectrophotometer) 如：Gretag Macbeth Spectrolino 以自動掃瞄的方式測量 IT8.7/3 上混合色塊的 $L^*a^*b^*$ 值及 $L^*C^*h^\circ$ 值。

- (三)在色域圖方面除了 a^*b^* 色域圖 (Color Gamut) 外，尚有 GATF 的圓形色域圖 (Color Cycle)、三角形色域圖 (Color Triangle)、六角形色域圖 (Color Hexagon)，其主要在探討油墨色相純度、油墨特性及油墨色相飽和度，因此，建議後續研究者以分光光譜儀 (Spectrophotometer) 作為測量儀器，以進一步得到 XYZ 值而獲得色域圖。

Color Gamut Analysis for Major Digital Presses in Taiwan

Yung-Cheng Hsieh Li-Wen Chen Li-Hua Kung

Department of Graphic Communication Arts
National Taiwan University of Arts, Taipei, Taiwan

Abstract

Due to the great demand of the digital process in the printing industry, there is an increasing market of the digital press in Taiwan. Digital printing technology does not only save printers production time and cost, but also provide flexibility on the short-run, on-demand, and variable-data printing. It has become a major technology trend in the printing industry. Print quality is always an important issue associated with the technical development of any printing machine. One of the major quality concerns for most printers is the characteristic of the color reproduction for digital presses. Therefore this study focused on the investigation of color reproduction for the major digital presses in Taiwan. It intended to study the color gamut difference among digital, conventional sheetfed offset, and hybrid presses. The presses used to run the experiments for this study were Agfa Chromapress 50i, Indigo E-Print 1000, Xeikon DCP-50D, MGI Digital Carte Master Color (digital presses), Heidelberg QuickMaster DI 46-4 (hybrid Press), and Heidelberg SpeedMaster 102-5 (conventional offset press). A digital test form was used to run the experiment; the CIELAB readings were obtained by a X-Rite 528 and the data were used to draw the color gamut for each press. One hundred printed sheets were collected for each press after the press was determined to be at equilibrium, and 50 of them were systematically random sampled. The results of the color gamut for all presses are presented in the paper and their comparisons are also reported..

Keywords: Chromaticity Diagram Color Color Gamut Digital Printing