

# 應用 Yule-Nielsen 公式測量光碟網點面積之適當 “n” 參數值 —以無水平版為版式，UV 油墨為印墨

謝顯丞

國立臺灣藝術大學應用媒體藝術研究所

二十一世紀的資訊時代光碟已成為日常生活中普遍且不可或缺的用品，光碟將有極快速之市場成長，國內光碟印刷廠商若能提升品質，不僅可獲得國內市場的支持，更能進一步拓展國際市場。在印刷品質控制的過程中，網點面積之測量是不可或缺的一項重要作業。本研究主要目的在找出應用 Yule-Nielsen 公式測量無水平版光碟印刷表面之網點面積時適當之 “n” 參數值，期望經由實驗驗證所估計出來的「n 參數值」能作為業者在量測光碟印刷品質之參考依據。本研究以實驗為方法，在原稿上設計 25 % 到 56 % 網點共 32 個階調，以此原稿印製 100 片的光碟，經系統隨機抽樣方式抽取 50 片樣本。將 50 片樣本交由專家觀測者，使用印刷專用放大鏡 (loupe) 以肉眼判斷方式來界定此原稿之專家認為的真正 50 % 網點，接著使用光學影像擷取系統來擷取專家所建議之真正 50 % 網點的影像，並採用 WIPLab 軟體和 Photoshop 影像處理軟體來計算網點面積，該網點面積值即作為相關性分析時之標準對照值，重要結果如下：1. 以 WIPLab 和 Photoshop 軟體計算 50% 網點面積所建議之最佳「n 參數值」分別為 1.16 及 1.12，而最佳 n 值範圍均介於 1.11 至 1.16 之間。2. Photoshop 軟體在光碟印刷上網點面積之分析可得較精確且穩定的結果。

關鍵詞： “n” 參數值 Yule-Nielsen 公式 光碟印刷 無水平版印刷 網點面積

## 緒論

隨著資訊科技的迅速發展，電腦化已深入日常生活的每一環節中，身處二十一世紀的資訊時代，光碟成為日常生活中普遍且不可或缺的用品，如 CD、VCD、DVD 等影音光碟、教學光碟、語言教材光碟、商業簡報光碟、畢業紀念光碟、電子出版光碟等。根據美國市場調查公司 IRD 之報告指出，光碟將有極快速之市場成長。除市場快速發展之外，由於應用需求及技術發展之配合，光碟可望成為未來之主流產品。依據工研院光電所資料顯示，西元 2000 年全球 CD 類 (CD、CD-R 及 CD-RW) 光碟片全球需求量約 99.38 億片，到西元 2003 年市場需求量約 119.93 億片。西元 2000 年 DVD 全球需求量約 2.1 億片，到西元 2003 年時將提高至

7.16 億片。然而光碟業者預估，DVD 及 CD-R 光碟片在 2001 年的市場需求量將是工研院估計數字的三倍以上 (鄧邠，2000 年 6 月 25 日，15 版)。

國內光碟片產業界從 1990 年起默默耕耘，直到 1997 年因 CD-R 光碟片的產銷急遽變化而出現發展契機，然而，在台灣廠商積極投入生產下，造成光碟市場出現供過於求的景況，迫使廠商為解決長期庫存壓力，而形成一波波削價競爭，相對也使產品品質穩定度下降，加上國內光碟印刷品質一直缺乏有效的量測，因此總有一些瓶頸無法突破，例如，在光碟市場中可以很明顯地看出，無論是軟體、影音光碟，國內外的光碟在印刷品質上有所差異，國內光碟印刷產品色彩較偏暗，無法忠實於

原稿，一般大眾也很清楚的可分辨出國內外光碟印刷品品質之差異。由此可知，國內光碟印刷品之品質需加強控制。在全球化風潮席捲之下，國際化商品成為主流，全球性品味逐漸型成。軟體、影音光碟通常以開發全球市場為主；國內光碟印刷廠商若能提升品質，不僅獲得國內市場的支持，更可能得到全球化市場的龐大商機，因此國內光碟製造業及其印刷業者，都應盡力提升產品品質，找出影響因素及解決之道，唯有如此才能提升競爭力並增進產值。

在印刷品質控制的過程中，網點面積之測量是不可或缺的一項重要作業。Southworth M. & Southworth D.(1989, Ch.14-13)曾表示，由於網點的大小變化對色彩的變化有相當大的影響，其中網點擴大便是印刷流程中無法避免的現象之一。在整個印刷作業流程中，網點面積的變化（網點擴大）指的是在網片上和印版上或印版上和紙張上之網點面積的不同。網點擴大可能發生在分色、底片曝光、曬版及印刷機上油墨轉印至紙張上時，這樣的網點面積的變化在靠油墨轉移的印刷過程中是無可避免的。在平版印刷上，網點擴大已被印刷界公認是影響印刷品質最關鍵性要素之一。網點擴大會導

致清晰度和細緻調的遺失、色彩的改變，以及對比、印墨色彩、印墨濃度和疊印的問題，所以在印刷過程中，適當的控制網點擴大以保持印刷品質是十分重要的（Killeen, 1995, p. 27）。藉由適當的測量和正確的控制而獲得最正確的補償，並將不當的影響降到最低。

網點面積擴大多寡的測量，在網片上是以透射式濃度計來測量，而在印刷紙張上則是以反射式的濃度計來測量（GATF Staff, 1995）。在使用濃度計時，測量網點面積最常使用之公式為Murray-Davies公式和Yule-Nielsen公式。其中，Murray-Davies公式在測量紙張時，未將紙張上光線散射的特性考量進去加以計算，因此無法測得正確之網點面積，Yule-Nielsen公式修正Murray-Davies公式，特別帶入“n”參數值以彌補因紙張和印墨接觸所產生之光學性的變異。本研究欲找出應用Yule-Nielsen (YN)公式來測量光碟表面上的網點面積時之適當的「n參數值」(印墨為UV油墨及無水平版印刷方式所印製之光碟)，期望經由實際之實驗驗證所建議之「n參數值」能作為業者在控制或提升光碟印刷品品質之參考依據。

## 文獻探討

### 一、光碟印刷

市面上光碟印刷的方式有數種，包括較常見的網版印刷（screen printing）、無水平版印刷（waterless printing）、轉印（pad printing）以及較少見的熱感印刷（thermal printing）和彈性凸版印刷（flexographic printing）。Block（1997, p. 42）指出許多公司提供數種光碟印刷方式以供客戶作選擇，但是網版和無水平版印刷仍為現今最普及的光

碟印刷方式。使用網版印刷可呈現優良的品質，就光碟印刷而言，網版印刷的作業具備容易變通、快速、色彩鮮明、價格較低等特點，在過去的幾年內，網版光碟印刷已經取代轉印成為光碟印刷的主要選擇，然而，網版光碟印刷卻無法像無水平版光碟印刷一樣提供高品質印刷。網版印刷確實能印製結實、顯眼、具有光澤的印刷品，可印製一般色彩亦可印製特別色（如螢光色、金屬色等），雖然網版印刷亦能印製品質良好四色印刷品，然而受限於

網版之半色調網線數及網點尺寸，網版所能印製之解析度為 85-133 lpi，無水平版印刷則可輕易地印製 150-200 lpi 甚至更高的解析度 (Nersesian, 1996, pp. 40-42)。因此，網版印刷和無水平版各有其發展空間。除了一般常見之網版印刷、無水平版印刷、轉印等光碟印刷方式之外，熱感印刷亦為光碟印刷方式之一。熱感式光碟為印量少於 1000 份時最常採用的印刷方式，其利用熱轉方式直接將影像複製在光碟的表面上，熱感印刷為現今採用方式，但其只限於印製單純的標籤，並不包含任何複雜影像或表現色彩(“Blank Media CD Printing-FAQ,” 2001)。

#### (一) 網版光碟印刷

網版印刷從簡單、低價位一直持續發展到多變性的科技且正邁向高解析度印刷。印刷速度加快、網版壽命增長、前製作業簡化、印刷誤差機率降低等因素使得網版印刷比預期的成長更為快速，品質更一致，甚至可做高網線數的高品質印刷，尤其是在光碟印刷中此趨勢特別顯著 (Greavu, 1997, p. 46)。

應用網版以行印刷作業的印刷品中，少數成長較快速的產業莫過於光碟印刷，最初，光碟標籤印刷主要以轉印 (pad printing) 方式為主，因其印刷速度較慢，馬上被網版印刷取而代之，無水平版印刷、傳統平版印刷以及彈性凸版印刷在光碟印刷的市場上均有各自的一片天空，但其中仍以網版印刷最具優勢。早期網版印刷常受限於四色印刷的設計，但是新式網版光碟印刷機可提供六色到七色的印刷工作站，色彩印製的選擇更多元 (Kiddell & Burnside, 1998, p. 26)。

相對於轉印，網版印刷另一個光碟印刷的選擇，網版印刷的優點包括色彩飽和、速度較快、印刷成本較低、顏色以及龐大的影像設計具彈性，比起無水平版印刷和轉印，其可提供鮮明的色彩，除

此之外還可印製多種色彩，不像無水平版受限於 KCMY 四色，現今光碟印刷市場上約有 95% 為網版印刷 (Block, 1997, pp. 42-53)。網版光碟印刷機可印製單色甚至於連線的六色印刷。近年來，新的研發技術整合至網版印刷，新的網布網線數提高，使得網版印刷可印製更細緻的網點 (Block, 1997, pp. 44-46)。

因此，對於光碟印刷而言，網版印刷是一理想的印刷方式。在美國甚至有一些實驗室已經可以在一天之內完成三十萬片至五十萬片 CD 印刷。現今網版印刷設備的速度在一分鐘內可完成 60 片以上的光碟印刷，在這種印刷速度之下，網布、印版、刮刀以及油墨必須要能承受一萬次以上的印刷，且其影像品質需從第一片至最後一片做良好的控制 (Bradigan, 1994, p. 54)。

以網版光碟印刷而言，所印製的影像已經慢慢朝向以下兩種類別：滿版、套色或特殊色印刷以及半色調網點或四色印刷。當然，其兩種影像在網版印刷中所使用材料的選擇 (如網布、刮刀、油墨等)、製版的條件、印刷條件的設定均為不同，但目前光碟印刷中，出現許多印件在單一影像原稿 (印紋) 中結合了半色調網點與色塊滿版 (Greavu, 1997, p. 46)。CD 印刷機雖已經能印出高解析度的產品，但此種影像原稿 (結合了半色調網點與色塊滿版) 在印刷時如何同時維持及控制良好的影像品質 (半色調網點與色塊滿版) 仍在持續研究。譬如印刷時所使用的油墨，必須同時兼顧半色調與色塊，既滿足半色調網點印刷的套色效果又符合色塊滿版印刷的鮮艷度需求 (Greavu, 1997, p. 46)。

#### (二) 無水平版光碟印刷

網版印刷的缺點為其因受網線數的限制，無法提供解析度較高的影像品質，Sony 光碟製造公司的印刷經理 Terre Haute 表示，網版印刷可以呈現 150 lpi (lines per inch)，但一般的標準為 120 lpi

或低於120 lpi，事實上，大部分的網版印刷業者傾向維持印製85 lpi以達到最佳的影像品質。印製在光碟上（塑膠材質）與印製在紙張上是截然不同的，為了求得更高的解析度以獲取最佳影像品質，業者於是將注意力轉向無水平版印製光碟，無水平版印製光碟可輕易達到如雜誌般的影像品質，解析度從100 lpi ~ 150 lpi。無水平版提供逼真的照片品質，意味著平版印刷方式可以補足網版印刷之不足，一般而言，平版印刷為濕式印刷，有些業者並不喜歡此類印刷方式，因為色彩容易褪色，但是結合網版印刷，在進行平版印刷之前先以網版印製一層印墨作為底色，平版的四色印墨再以特殊的印刷順序印製在光碟上，此種濕式印刷方式經過試驗後證明為可以有效避免色彩褪色的方式(Block, 1997, pp. 46-47)。

### （三）網版光碟印刷與無水平版光碟印刷的比較

目前市面上大多接受使用網版印刷印製光碟的效果，使用網版印刷可呈現極佳的品質。由於科技的整合，許多業者走向平版印製光碟，因為平版印刷不只能生產完美的印刷品質，而且考量到節省成本的因素。包裝業者肯定平版印製光碟的品質，一般而言，業者喜歡印製300 lpi的網屏線數，這意味著一個網點的直徑為0.001 inch / 25microns，每個網點間的距離為0.002 inch / 25microns，因此印刷歸位需落在± 0.001 inch / 25microns之間，使用平版印製光碟在生產175 ~ 200 lpi網屏線數時，要達到標準範圍沒有困難，並且使用平版印製光碟時可以得到如“雜誌”般的影像品質(Rao, 1998, p. 39)。

Hans P. Lueters (personal communication, August 5, 1999) 表示網版印刷可呈現的解析度為100 ~ 125 lpi (line per inch)，提供如報紙一般的效果，然而若要印製較精細的影像，解析度相對需提高，無水平版印刷可提供大約200 lpi的解析度，

甚至可超過300 lpi，可以提供如雜誌般的品質。然而網版印刷可以使用特別色如螢光色和金屬色來印刷，這是平版印刷無法做到的一點，所以在無水平版光碟印刷機上至少會附上兩個以上的網版印刷站來輔助平版印刷，如此一來即可利用網版先印上一層白底或特別色。另一方面，網版每一個色層的厚度大約是7.5至8微米(microns)，而平版的每一個色層只需要1.5微米。印製的色層越多，相對在光碟上的空間需求越大，因此選擇網版印刷或平版印刷，色層的多寡也是考量的因素之一。此外，在網版印刷和平版印刷印製光碟的投資多寡也是考量因素之一，雖然網版印刷機的價錢較便宜，但在印刷操作方面，網版還是比平版昂貴。兩者印刷方式各有其優點，採用wet-on-dry平版印刷是印製高解析度影像的最佳選擇；網版印刷則可印製較結實、光澤度佳和較鮮明的色彩。

在半色調網點印刷方面，網版印刷可呈現的半色調印刷解析度（半色調網點的網線數）為85 ~ 120 lpi，但階調範圍被壓縮，如5% ~ 95%的階調範圍被壓縮為15% ~ 85%。然而若要印製較精細的影像，解析度相對提高，目前業界正研究如何突破高網線印刷的瓶頸(Nersesian, 1996, pp. 41-42)。

無水平版印刷機的價格比網版印刷機高，而且平印機的機械操作較為繁複，線上整合組裝的費用較貴，一般而言，網印機的價位在二十萬至四十萬美金不等，平印機的價位則約四十五萬美金，但是平版印刷周邊配備反而較網版印刷便宜，第一，平版使用的印墨量較少，第二，平版印刷的印版被認為比網版便宜，網版印版的價格從10至14塊美金，平版印版每塊價格低於1.5美金，因此，以平版光碟印刷印製四色光碟印刷，印量為1000片時，每片光碟的價格平均為0.05美金，光碟的印刷品質較佳。然而，使用網版印製光碟，即使印刷品質看起來不如平版印刷，但其色彩較為鮮明、溫和，而且作業也較簡易(Block, 1997, pp. 47-49)。

該使用網版或無水平版來印製光碟，應視原稿影像的複雜程度或品質來決定，如果原稿的設計為單純的文字或特別色的商標，網版是最佳的選擇，網版光碟印刷能印製比無水平版還要清晰結實的色彩，光碟印刷表面光澤度佳。若要印製高解析度、細緻調良好的彩色四色套印光碟印刷，無水平版光碟印刷會是較佳的選擇，(“TIB PLC-Manufacturing CD-Printing,” 2001)。

## 二、印刷過程之品質控制與測量

在印刷作業過程中，網點的複製會失真，產生網點擴大或網點遺失的情形，因此色彩無法符合客戶的預期，然而，這些問題可藉由濃度計來控制，濃度計可作為任何型式的被印材(從織品到光碟片)改善品質的重要依據(Basch, 1997, p. 44)。

### (一) 底片測量

網片輸出機的網點面積是利用透射式濃度計來測量。濃度計在測量底片的網點面積之前，需先在透明片基上歸零，這種濃度計也用來做網片輸出機的校正和線化(linearization)，其測量的基本要素為滿版濃度和網點面積。使用濃度計測量網片輸出機輸出底片之網點面積是十分重要的程序，以確定網片輸出機已做過線化，換句話說，網片輸出機因做過線化，所以其輸出的底片沒有網點擴大的情形產生，例如，電子原稿上 50% 網點的部分使用透射式濃度計在網片上所測得的網點面積也應該是 50%。本研究使用 X-Rite 341 透射式濃度計來測量網片上之網點面積，以確定電子稿之 50% 網點面積在網片上仍為 50%。

### (二) 印版的測量

直到現在，大部分的印刷業者依據經驗並靠眼睛來判斷網點面積，雖然這種方式可以提供一個解決方法處理判讀網點面積的問題，但所判讀的數值

並不是正確的。平版印刷業者使用濃度計來測量印版上網點面積，印版表面若是不平坦，可能不會影響印刷的結果，但其在印版的測量上可能會影響影像的讀取(“Dot Area Measurements,” n.d., p. 2)。粗超的鋁版通常具有印版感光乳劑塗佈的方向性或印版表面研磨處理的方向性，在定向光源的顯微鏡照射下能清楚的辨別。摩擦過的印版在印刷上可以增加印刷表現，但亦使得光線呈不規則的反射，為了測量鋁版的表面，使用不同的濃度計會產生不同的結果，一般所使用的濃度計在指定之 45 度角上並不能收集所有光線的反射，感應器的位置以及反光光束最明亮的部分可能因濃度計擺設的位置有所不同，造成讀取的數據不一致(“Dot Area Measurements,” n.d., p. 1)。另一個解決印版上網點面積讀取的方式為光學影像擷取系統及微電腦分析系統，該系統作業方式複雜，價格亦較高，很難落實到日常印刷作業的環境中。隨著電腦直接製版技術的發展，針對印版測量的工具相繼問世，目前市面上最常見之印版測量儀器包括 Gretag D118C (反射式分光密度儀)、Betalog Platemaster、ACME Plate Dot Reader、Centurfax CCDot 等。

### (三) 光碟印刷品的測量

由於本研究之被印材質為光碟片，光碟片屬於不完全透明的材質，有別於一般透射稿和反射稿的測量。David C. Albrecht(personal communication, August 23, 1999) 建議：

Printing over white- Give yourself an area to "zero" the densitometer to. In other words have a white ink patch and then zero the densitometer to this area (0% dot). All your dot area values will be based off this zero point. In truth, if you are overprinting on white ink, the white ink is your "paper" base.

根據 X-Rite 公司表示，濃度計為間接地決定被

測體表面光線吸收量的一種儀器，因此即使被印材為光碟片也可進行測量，但是由於印刷流程中各種油墨、紙張、媒介等的特性皆不同，“n”參數值也不同，濃度計所測得的數值會有所差異。就美國的印刷業而言，Murray-Davies與Yule-Nielsen公式是較為廣泛接受的方式。Yule-Nielsen公式是修正Murray-Davies公式，增加“n”參數值而得，適用於估計物理性的網點擴大，欲增加測得之網點值，則降低“n”參數值；欲減少測得之網點值，則提高“n”參數值(“Setting N-Factor,” 1999)。這個參數會由於紙張、油墨及網屏的種類而改變(謝顯丞，1999，頁34-36)。本研究經由專家以視覺判斷方式，先找出專家所認為的真正50%網點，再透過X-Rite 530分光密度儀和光學影像擷取系統來測量光碟上網點面積，試著找出適合光碟表面及UV印墨之印刷組合的“n”參數值。

### 三、Yule-Nielsen 公式在網點面積計算之應用

為了達到正確之彩色複製，適當控制網點大小是十分重要的。為了適當控制網點大小，必須以測量的方式來控制網點複製，這種存在於階調濃度、滿版濃度以及網點面積之間的關係於1936年由Murray所提出，也就是現今所熟知的Murray-Davies公式(Pope, 1989, p. 142)。然而，以Murray-Davies公式做實際測量時，在紙張上所測得之網點面積無法產生一個穩定的結果，可是在非散佈(non-diffusing)的材質上進行測量(如在陰片型或陽片型的網片上進行測量)，則可得到穩定和正確的結果。Murray-Davies公式在測量紙張時，光線會產生散射的現象，部分的光線被印墨和被印材所“吸收”，致使視覺上的網點面積比其本身實際之網點面積來得大，因此無法測得正確之網點面積。Yule和Nielsen指出，光線可能透過部分網點進入紙張，並於顯現之前產生許多內部的反射，為了求得實際之網點擴大，Yule-Nielsen公式

特別帶入“n”參數值以移除因紙張和印墨接觸所引起之光學性的變異(Pope, 1989, p. 143)。“n”參數值一般介於1和2之間，且該數值會因被印材料、油墨及網屏的種類而改變(Engeldrum, 1994, p. 545)。值得一提的是當n值等於1時，相當於紙張上沒有光線穿透印墨和紙張，此時Yule-Nielsen公式的計算相當於使用Murray Davies公式計算網點面積(Inoue, Tsumum, & Miyake, 1996, p. 353)。Yule-Nielsen公式修正Murray-Davies公式，適用於估計物理性的網點擴大，Yule-Nielsen公式與Murray-Davies公式最大的不同之處在於其將物理性及光學性兩者之網點擴大區分開來，並將光線散射所造成的網點擴大(光學性效果)去除不計，單純計算物理性網點擴大，因此，Yule-Nielsen公式所測得的網點擴大值便會小於Murray-Davies公式所測得之值。

印刷科技標準委員會表示由於印刷流程中各種油墨、紙張、媒介等的特性皆不同，故將這個根據觀察而得的“n”參數值納入公式中，以求更精確地計算物理性之網點擴大值。Yule-Nielsen公式如下列所示：

物理性網點面積百分比 =

$$\frac{\{1 - 10^{-[D(t) - D(p)]/n}\} * 100}{\{1 - 10^{-[D(s) - D(p)]/n}\}}$$

D(s)：滿版濃度值

D(t)：網點階調濃度值

D(p)：紙張或被印材料的濃度值

n參數取決於印刷所使用之材料(如油墨及被印材料)，其正確的數值必須由實証而來(ANSI (r): CGATS.4-1993, 1993, p. 7)。

被印材料上光線的散射在解析度和影像於被印材料階調複製之特性上扮演著重要的角色，在半色調影像中，光線的散射稱之為Yule Nielsen效應或光學性網點擴大，光學性網點擴大是經由印刷被印

材料上光線的散佈而來，眾所皆知被印材料對影像的呈現有極大的影響，入射的光線由被印材料上油墨或被印材料本身所吸收，因此導致半色調的灰階比預期還要暗（Engeldrum, 1996, p. 19）。理想的印刷為被印材料不會吸收光線，然而，實際上大部分被印材料屬於複雜的媒介（turbid medium），因此，入射的光線會在紙張上被吸收、反射、漫射，這些現象會影響半色調反射影像的影像分析。在傳統的半色調印刷中，Yule Nielsen公式廣泛應用在半色調網點面積和不同材質紙張之反射濃度之間關係的分析上（Inoue, Tsumum, & Miyake, 1996, p. 353）。

Murray-Davies 公式利用濃度的測量可以計算出更精確之網點面積，所有測量之濃度值建立在相對模式上，Murray-Davies 公式以數學計算為基礎，不需藉由操作者之主觀判斷。Yule Nielsen公式則是帶入適當之 “n” 參數值，以修正 Murray-

Davies公式中所產生之光學性的變異，“n”參數值是經由實證得來，在 Yule 和 Nielsen（1951）、Pearson（1980）、William 和 Compton（1989）以及 ANSI/CGATS.4-1993 等研究中均指出，適當之 “n” 參數值無法利用數學運算方式計算出來，隨著被印材、油墨等媒介之不同，“n” 參數值必須經由不斷地試驗才能取得。過去的相關研究與 Betalog PlateMaster 濃度計製造商在其濃度計操作手冊中（1994）均建議，正確的 n 參數通常藉由實證方式來決定，然而，在實際作業中，並未有良好的數學運算方式來取得適當之 n 參數值，最適當的方式為依靠專家的觀察，專家觀測通常以 50% 網點面積做為基準，因為 50% 網點面積如同西洋棋盤，黑白等比相間，較易作判斷，當正確之 50% 網點色塊確立之後，再以濃度計調整 n 參數值測量該色塊，以找出測量結果最接近 50% 網點面積之 n 參數。

## 研究方法

本研究應用實驗研究法，其目的在找出應用 Yule-Nielsen公式來測量光碟表面上的網點面積時之適當的「n 參數值」；所使用之測量儀器為分光密度儀，印刷方式為無水平版，油墨為UV油墨。本研究事先設計實驗用電子原稿，內容以每一間隔為 1% 之差的網點，從 25% 到 56% 網點一共設計 32 個階調，之後輸出網片、製版（無水平版），最後印 100 片的光碟，經系統隨機抽樣方式抽取 50 片樣本。經由特別選出之專家使用印刷專用放大鏡（loupe）以肉眼觀察方式，分別在這 50 片光碟上界定真正的 50% 網點並記錄之，接著進一步使用光學影像擷取系統（Optical Image Capture System, OICS）來擷取專家所建議之真正 50% 網點的影像，並採用 WIPLab 軟體和 Photoshop 影像處理軟體來計算網點面積，該網點面積值即作為相關性分析時之標準對照值。在 Yule-Nielsen 公式中，「n

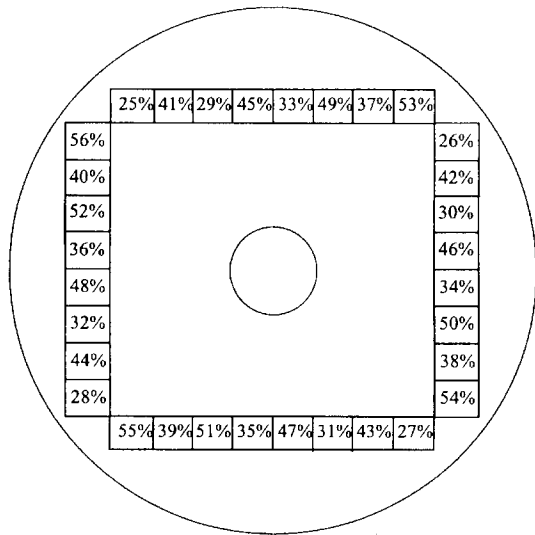
參數值」為一連續性的數值來表現紙張的光線散射，一般藉由濃度計來設定，「n 參數值」通常介於 1 ~ 2 之間（Inoue, Tsumum, & Miyake, 1996, p. 353）。因此，本研究利用 X-Rite 530 分光密度儀，設定 10 個不同的「n 參數值」（「n 參數值」範圍為 1.1 ~ 2.0 之間，以 0.1 為差距來設定 “n” 值，因此共有 10 個不同的 “n” 值）來測量專家所建議的真正 50% 網點。最後藉由相關性分析之結果來決定最理想之「n 參數值」及其適當範圍。

### 一、實驗過程

#### （一）原稿設計

實驗用電子原稿之設計，以每一間隔為 1% 之差，由 25% 到 56% 網點面積所構成（類似灰色級

數導表)，一共設計32階。此原稿經印刷之後給專家觀測者，使用印刷專用放大鏡 (loupe) 以肉眼判斷方式來界定此原稿之專家認為的真正 50 % 網點，因此為了避免專家觀察時產生記憶效應 (Memory Effect)，設計原稿時未將每一塊區域的網點面積百分比註明在相對的位子上，甚至分別將 32 階 (25% ~ 56%) 網點面積以隨機排位方式分佈在原稿四周 (詳細內容請見圖一)。



圖一 原稿

因網點面積擴大甚至網點面積變異量最大幾乎產生於 50% 網點面積處，所以只要在 50% 網點面積處能找出適當的“n”參數值，則其“n”參數值亦適用於其餘網點面積擴大及網點面積變異量較小的部分。所以設計電子原稿時必須考慮由該原稿所印製得來之印刷品是否能涵蓋真正 50% 之網點。但原稿經輸出網片、製版及印刷，在整個印製過程的每一作業流程中會產生網點面積大小變化，因顧慮到網點面積擴大問題的存在，設計電子原稿時將此問題必須併入考慮。本研究依據 GRACO L (General Requirement for Application in Commercial Offset Lithography；商業平版印刷機要求標準) 以及相關之實驗結果，將印刷後的網點面積擴大值範圍預估在 18% ~ 26% (22% ± 4%)，作為設計

電子原稿時的參考。因期望印製後在光碟印刷品上必須涵蓋真正 50% 網點而所設計的電子原稿，在設計原稿時將階調範圍設在 25%~ 56%。

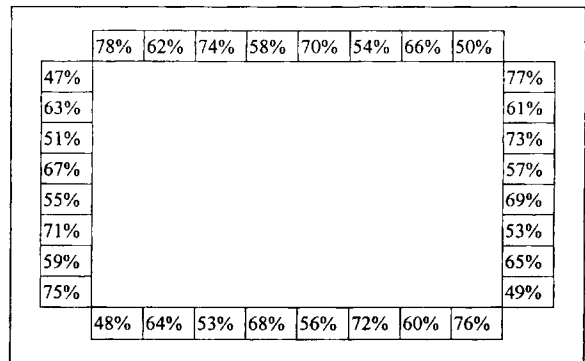
(二) 網片輸出

將設計完之原稿輸出網片，因採用無水平版印刷技術，使用為陰片型印版，所以輸出網片時直接輸出陰片 (膜面朝下)。為了避免輸出網片時之網點面積再現性不良，使用 X-Rite 341 Transmission Densitometer 來測量網片上之網點面積，以確認輸出之後在網片上網點面積是否為原先所設計原稿之網點面積百分比。輸出網片條件的紀錄及測量網片結果之詳細內容如表一及圖二所示。

從測量結果發現，輸出網片過程中網點有些微擴大的情形。但測量結果數據中仍然有 50% 之網點面積，所以此網片符合實驗之要求。

表一 網片輸出記錄報表

輸出地點：佳基印刷事業股份有限公司	
負責人：張經理	
操作人員：邱先生	
項目	內容
網點形狀	Round Dot
網點大小	175 lpi (Negative Type)
網片輸出機	SCREEN MTR 1100
RIP software	HQ-310 PM
輸出解析度	2400 dpi



圖二 網片 (負片) 上網點面積之量測數據



白底網版印刷站的刮刀角度和壓力都固定在適當的印刷條件以維持白底的墨膜厚度。在進行試印時，當四邊黑色的滿版濃度均達到平衡時開始印刷，本實驗一共印製 100 片光碟。

### (五) 測量

從本實驗所印製之 100 片光碟中，經系統隨機抽樣方式抽取本研究所需之 50 片樣本。接著在國內印刷業界中尋找一位對平版印刷有數年經驗之專家，使用印刷專用放大鏡(loupe)以肉眼觀察方式來界定每一片光碟上的真正 50 % 網點，然後進一步使用光學影像擷取系統和分光密度儀，針對 50 片光碟上專家所認定之 50% 網點面積，分別進行測量並將數據資料輸入統計軟體。

#### 1. 第一階段測量

當使用分光密度儀進行測量時，在儀器設定中以不同“n”參數值，即 1.0、1.1、1.2.....2.0，以 0.1 為間隔之“n”參數值進行 50 片樣本上專家認定為 50% 網點面積處之測量，每一片均測量五次，其目的在降低測量上的誤差。此外亦使用光學影像擷取系統對於專家認定 50% 網點面積做進一步的分析。光學影像擷取系統主要是針對專家認定 50 片樣本之 50% 網點面積處進行影像擷取，再分別利用 WIPLab( Color Image Processing and Analysis Software) 軟體及 Photoshop 軟體將網點處理成為二元化影像，以計算其網點面積。

將數據資料輸入統計軟體之後，以相關性分析(Correlation Analysis)檢測使用分光密度儀所得之

測量值及使用光學影像擷取系統分析之結果，二個變項之間的相關性，再由相關係數值(r)中求得相關性較高之“n”參數值範圍，進行第二階段之測量，以求得更精確且最適當的“n”參數值或範圍。

#### 2. 第二階段測量

依據第一階段測量及分析所得相關性較高之“n”參數值範圍，將範圍內“n”參數進一步細分，在儀器設定中以 0.01 為間隔(如 1.11、1.12、1.13.....)進行測量。測量時同樣針對 50 片樣本上專家認定為 50% 網點面積處，每一片均測量五次。本研究之所以進行二階段測量，主要目的為求得精確之“n”參數值，即利用第一階段所得結果之分析，由 1.1~2.0 大範圍“n”參數值中找出較適當之“n”參數值範圍，再進一步藉由第二次測量及分析求得精確且最適當的“n”參數值或範圍。

## 二、取樣本及資料蒐集

本研究以無水平版印刷機進行印刷，在達到適當滿版濃度之後正式印製實驗所需之 100 片光碟。再以系統隨機抽樣方式抽取 50 片印製品。

為了蒐集分析所需之數據，本研究必須在國內印刷業界中尋找一位對平版印刷有數年經驗之專家(專家資料如附件)，使用放大鏡(loupe)以肉眼觀察方式來界定每一片光碟上專家認為的真正 50 % 網點，並作記錄。再進一步使用光學影像擷取系統和分光密度儀，分別進行測量並將數據資料輸入統計軟體。

## 研究結果與分析

本實驗以無水平版印刷機進行印刷，在達到適當滿版濃度之後正式印製實驗所需之 100 片光碟，並以系統隨機抽樣方式抽取 50 片印製品。本研究先聘請一位對平版印刷有數年經驗之專家，使用放

大鏡以肉眼觀察方式來界定每一片光碟上專家認為的真正 50 % 網點，並記錄之。進一步使用光學影像擷取系統(OICS)配合影像處理軟體(WIPLab、Photoshop)和 X-Rite530 分光密度儀，分別測量專

家認為之真正 50 % 網點階調並將數據資料輸入統計軟體。所測得的數據利用 Minitab 13.3 和 SPSS10.0 統計軟體來做資料的分析。本研究利用 SPSS 統計軟體之相關性分析 (Correlate)，檢測濃度計所測得之 50% 網點面積與光學影像擷取系統利用 WIPLab 軟體、Photoshop 影像分析軟體所計算之 50% 網點面積有無顯著相關。

### 一、描述性統計

本研究首先經由專家觀察，分別在 50 片光碟樣本上界定真正的 50 % 網點並記錄之，50 片光碟

樣本上之 50% 網點階調先以濃度計設定不同之 “n” 參數值來測量 50% 網點面積，再以光學影像擷取系統 (OICS) 擷取 50% 網點階調之影像，分別利用 WIPLab 和 Photoshop 影像處理軟體計算該影像之網點面積，以作為 50% 網點面積之標準對照值。將濃度計與光學影像擷取系統配合影像分析軟體計算之數據輸入統計軟體，以求得不同「n 參數值」以及光學影像擷取系統所測得 50% 網點面積之平均值、最大值、最小值、標準差等描述性統計，詳細的資料彙整於表四。

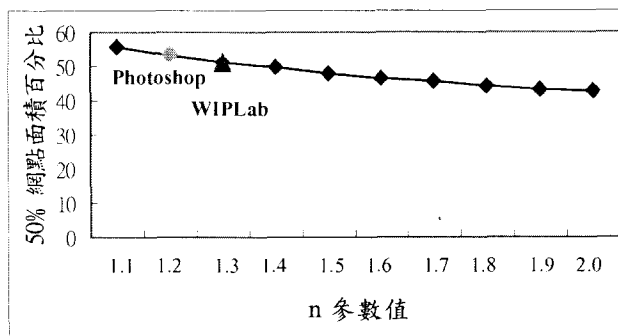
表四 “n” 參數值測量光碟印刷 50% 網點面積之描述性統計分析

n 參數值	樣本	最小值	最大值	平均值	標準差
n = 1.1	50	50.80	59.60	55.8040	1.5594
n = 1.2	50	48.80	57.20	53.3320	1.5485
n = 1.3	50	45.80	54.60	51.2760	1.5846
n = 1.4	50	43.80	53.40	49.8560	1.6724
n = 1.5	50	42.40	51.40	48.0000	1.6860
n = 1.6	50	41.20	50.20	46.5560	1.5388
n = 1.7	50	39.80	49.20	45.7560	1.6239
n = 1.8	50	39.20	48.00	44.3000	1.5666
n = 1.9	50	36.80	46.80	43.3000	1.7553
n = 2.0	50	36.60	47.00	42.8800	1.6507
OICS_WIPLab	50	48.79	54.98	51.1521	1.4353
OICS_Photoshop	50	51.01	56.87	53.6614	1.3328

由表四可看出光學影像擷取系統以 WIPLab 軟體計算時，50% 網點面積平均為 51.1522 %，以 Photoshop 影像分析軟體計算時，則 50% 網點面積平均為 53.6614 %。在濃度計測量方面，可明顯看出當 “n” 參數值 = 1.1 時，其平均值為最大 (55.804 %)，“n” 參數值 = 2.0 時，則其平均值為最小 (42.88 %)。其中，當 “n” 參數值 = 1.9 時，其變異量為最大 (1.7553)；以 Photoshop 影像分析軟體計算 50% 網點面積之變異量則為最小 (1.3328)。

就平均值而言，當 “n” 參數值 = 1.3 時，其 50% 網點面積之平均值最接近 WIPLab 軟體所計算之 50% 網點面積平均值 (圖三中之褐色三角形點)；當 “n” 參數值 = 1.2 時，則其 50% 網點面積之平均值最接近 Photoshop 軟體所計算之 50% 網點面積平均值 (圖三中之紫色菱形點)。在利用濃度計設定 “n” 參數值或是利用 WIPLab 和 Photoshop 計算 50% 網點面積中，以 “n” 參數值 = 1.3 與 WIPLab 軟體所計算之網點面積平均值最接近 50%。濃度計製造商 X-Rite 曾表示，當 “n” 參數值較低時，測得之

網點面積較大，而當“n”參數值較高時，則測得較小的網點面積(“Setting N-Factor,” 1999)。從表四中亦可看出，濃度計所設定之“n”參數值由 1.1 增加至 2.0 時，所測量之 50% 網點面積百分比從 55.804 % 下降至 42.88 % (如圖三所示)。



圖三 不同“n”參數值所測得之 50% 網點面積百分比

## 二、假設檢定

這個部分主要利用 Pearson 積差相關檢測濃度計所測得之 50% 網點面積與光學影像擷取系統利用軟體所計算之 50% 網點面積有無顯著相關，Pearson 積差相關適用於兩個變項均為等距或等比變項的資料，積差相關公式如下：

$$\gamma_{AB} = \frac{\sum AB - \sum A \sum B}{\sqrt{N \sum A^2 - (\sum A)^2} \sqrt{N \sum B^2 - (\sum B)^2}}$$

其中， $\gamma$  代表皮爾森相關係數；A 代表 A 變項；B 代表 B 變項。相關係數介於 1 與 -1 之間，正值代表正相關，負值代表負相關。Pearson 積差相關之顯著性檢定公式如下：

$$\text{雙尾檢定} \begin{cases} H_0: \rho = 0 \\ H_a: \rho \neq 0 \end{cases}$$

假設一

$H_0$ ：在同一原稿輸出和相同印刷條件之下，濃度計設定之 n 參數值所測得之 50% 網點面積與光學影像擷取系統利用 WIPLab 軟體所計算之 50% 網點面積沒有顯著相關，即

$$H_0: \rho_{n_i} / \text{OICS-WIPLab} = 0 \quad i = 1.1, 1.2, \dots, 1.9, 2.0$$

( $\rho$  代表皮爾森相關係數；n 為濃度計設定之 n 參數值所測得之 50% 網點面積，i 從 1.1 ~ 2.0；OICS-WIPLab 為光學影像擷取系統利用 WIPLab 軟體所計算之 50% 網點面積)

$H_a$ ：在同一原稿輸出和相同印刷條件之下，濃度計設定之 n 參數值所測得之 50% 網點面積與光學影像擷取系統利用 WIPLab 軟體所計算之 50% 網點面積有顯著相關，即  $\rho_{n_i} / \text{OICS-WIPLab} \neq 0$ 。

利用 SPSS 統計軟體之相關性分析 (Correlate) 來檢測濃度計帶入不同“n”參數值所測得之 50% 網點面積與光學影像擷取系統利用 WIPLab 軟體所計算之 50% 網點面積有無顯著相關，可得表五，由表五中可知除了 n = 1.6 以及 n = 2.0 之外，其餘 n 參數值之 p 值均小於  $\alpha$  值 (顯著水準 = 0.05)，所以拒絕  $H_0$ ，支持  $H_a$ ，亦即濃度計設定之 n 參數值 (n = 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.7, 1.8, 1.9 時) 所測得之 50% 網點面積與光學影像擷取系統利用 WIPLab 軟體所計算之 50% 網點面積有顯著相關。其中，當 n = 1.2 時，其相關係數為最高 ( $\gamma = 0.389$ )，其次依序分別為 n = 1.3 ( $\gamma = 0.380$ )、n = 1.7 ( $\gamma = 0.350$ )、n = 1.5 ( $\gamma = 0.343$ )、n = 1.4 ( $\gamma = 0.325$ )、n = 1.8 ( $\gamma = 0.307$ )、n = 1.9 ( $\gamma = 0.294$ ) 以及 n = 1.1 ( $\gamma = 0.291$ )。因此，以 WIPLab 軟體計算所建議之最佳“n”參數值為 n = 1.2，最佳 n 值範圍介於 1.2 ~ 1.3 之間。

表五 “n” 參數值與 WIPLab 軟體之相關性分析  
（“n” 參數值由 1.1 ~ 2.0）

Correlation	OICS_WIPLab		
	Number of case	Sig. (2-tailed)	Pearson Correlation
n = 1.1	50	.040	.291*
n = 1.2	50	.005	.389**
n = 1.3	50	.006	.380**
n = 1.4	50	.021	.325*
n = 1.5	50	.015	.343*
n = 1.6	50	.065	.263
n = 1.7	50	.013	.350*
n = 1.8	50	.030	.307*
n = 1.9	50	.039	.294*
n = 2.0	50	.065	.263

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

## 假設二

Ho：在同一原稿輸出和相同印刷條件之下，濃度計設定之 n 參數值所測得之 50% 網點面積與光學影像擷取系統利用 Photoshop 影像處理軟體所計算之 50% 網點面積沒有顯著相關，即

$$Ho: \rho_{ni} / OICS-Photoshop = 0 \quad i = 1.1, 1.2, \dots, 1.9, 2.0$$

( $\rho$  代表皮爾森相關係數；n 為濃度計設定之 n 參數值所測得之 50% 網點面積，i 從 1.1 ~ 2.0；OICS-Photoshop 為光學影像擷取系統利用 Photoshop 軟影像處理體體所計算之 50% 網點面積)

Ha：在同一原稿輸出和相同印刷條件之下，濃度計設定之 n 參數值所測得之 50% 網點面積與光學影像擷取系統利用 WIPLab 軟體所計算之 50% 網點面積有顯著相關，即  $\rho_{ni} / OICS-Photoshop \neq 0$ 。

利用 SPSS 統計軟體之相關性分析 (Correlate)

來檢測濃度計所測得之 50% 網點面積與光學影像擷取系統利用 Photoshop 影像分析軟體所計算之 50% 網點面積有無顯著相關，可得表六。

表六 “n” 參數值與 Photoshop 軟體之相關性分析  
（“n” 參數值由 1.1 ~ 2.0）

Correlation	OICS_WIPLab		
	Number	Sig.	Pearson
n = 1.1	50	.000	.475**
n = 1.2	50	.000	.481**
n = 1.3	50	.000	.476**
n = 1.4	50	.001	.462**
n = 1.5	50	.003	.415**
n = 1.6	50	.011	.356*
n = 1.7	50	.004	.402**
n = 1.8	50	.006	.386**
n = 1.9	50	.010	.361**
n = 2.0	50	.014	.347*

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

由表六中可知 n 參數值之 p 值均小於  $\alpha$  值 (顯著水準 = 0.05)，所以拒絕 Ho，支持 Ha，亦即濃度計設定之 n 參數值 (n = 1.1 ~ 2.0) 所測得之 50% 網點面積與光學影像擷取系統利用 Photoshop 影像分析軟體所計算之 50% 網點面積有顯著相關。其中，當 n = 1.2 時，其相關係數為最高 ( $\gamma = 0.481$ )，其次依序分別為 n = 1.3 ( $\gamma = 0.476$ )、n = 1.1 ( $\gamma = 0.475$ )、n = 1.4 ( $\gamma = 0.462$ )、n = 1.5 ( $\gamma = 0.415$ )、n = 1.7 ( $\gamma = 0.402$ )、n = 1.8 ( $\gamma = 0.386$ )、n = 1.9 ( $\gamma = 0.361$ )、n = 1.6 ( $\gamma = 0.356$ ) 以及 n = 2.0 ( $\gamma = 0.347$ )。因此，以 Photoshop 影像處理軟體計算 50% 網點面積所建議之最佳 “n” 參數值為 n = 1.2，當 n 值設定為 1.1、1.2 以及 1.3 時，其 p 值均為 .000，且 n 值之設定為連續範圍，因此本研究建議最佳 n 值範圍介於 1.1 ~ 1.3 之間。

### 三、WIPLab與Photoshop軟體對印刷網點面積分析之比較

WIPLab 為真實色彩影像處理與分析的套裝軟體(使用Windows界面)，其專為科學、工程和其他領域之專家和學生所設計，WIPLab具備多項功能，包括影像強化、處理、分析等，除此之外，WIPLab 支援 MCI 界面，可由 CCD 像機、錄影帶 (tape recorder/TV tuner) 以及其他來源擷取影像，應用範圍包括醫學影像 (medical imaging)、生化分析 (Biochemistry analysis)、工業檢視 (Industrial inspection)、影像強化 (Image enhancement)、色彩區隔 (color segmentation) 等，但是在文獻上還未發現有印刷相關研究使用該軟體來測量網點面積；而 Photoshop 軟體則為專門應用在印刷影像處理之軟體。

#### (一) WIPLab 與 Photoshop 軟體之相關性分析

本研究以此兩種軟體來計算光學影像擷取系統所擷取之 50% 網點面積，其相關性分析如表七所示，由表七可知， $p$  值 = 0.000 <  $\alpha$  (顯著水準) = 0.05，代表 WIPLab 與 Photoshop 軟體計算所得 50% 網點面積有顯著相關。其皮爾森相關係數為 0.754，代表 WIPLab 與 Photoshop 軟體計算所得 50% 網點面積有高度正相關。目前幾乎所有的印刷廠及輸出中心均備有 Photoshop 影像處理軟體，因

此，業者不需再額外購置分析軟體，直接採用現有之 Photoshop 軟體即可作網點面積的計算分析。

表七 WIPLab與Photoshop軟體計算所得50%網點面積之相關性分析

Correlation	OICS_Photoshop
	Pearson Correlation = .754**
OICS_WIPLab	Sig. (2-tailed) = .000
	N = 50

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

#### (二) WIPLab 與 Photoshop 軟體計算所得網點面積之成對樣本 t 檢定

本研究以成對樣本 t 檢定 (Paired samples t test) 檢測 WIPLab 與 Photoshop 軟體在計算光學影像擷取系統所擷取之 50% 網點面積是否有顯著差異，可得表八，由表中可看出  $p$  值 = 0.000 <  $\alpha$  (顯著水準) = 0.05，代表 WIPLab 與 Photoshop 軟體計算所得 50% 網點面積有顯著差異。由此可知，即使使用相同硬體 (光學影像擷取系統) 擷取影像，使用不同的分析軟體仍會獲得不同的結果，因此，在分析計算網點面積時，需考慮分析軟體的適用性。Photoshop 軟體一開始即設計作為專門應用在印刷影像處理之軟體，本研究中，由 Photoshop 軟體所計算之 50% 網點面積與不同 “n” 參數值所測量之 50% 網點面積相關性為高，因此，Photoshop 軟體較合適作印刷上網點面積的計算。

表八 WIPLab 與 Photoshop 軟體之成對樣本 t 檢定

	Paired Differences						
	Mean	Std. Dev	95% C.I. of the Difference		T	df	Sig. (2-tailed)
			Lower	Upper			
WIPLab - Photoshop	-2.509	.975	-2.786	-2.232	-18.196	49	.000

### 四、第二階段測量與假設檢定

WIPLab 與 Photoshop 軟體所測得 50% 網點面

積具有高度正相關 ( $\gamma = 0.754$ )，然而，Photoshop 軟體所計算之 50% 網點面積與濃度計所測得之 50% 網點面積相關性較高 (見表五、表六)，因

此，就印刷領域而言，在計算影像之面積時 Photoshop 軟體會比 WIPLab 軟體來的可靠。以 Photoshop 影像處理軟體計算 50% 網點面積所建議之最佳「n 參數值」為 1.2，最佳 n 值範圍介於 1.1 ~ 1.3 之間，為了找出更為精確的 n 值（小數點下二位數），本研究進一步利用 X-Rite 530 分光密度儀，設定 10 個不同的「n 參數值」（「n 參數值」範圍為 1.11-1.29，以 0.01 為差距來設定“n”值）來測量專家所界定之真正 50% 網點，將測得之數值再與 WIPLab 和 Photoshop 軟體計算所得 50% 網點面積作相關性分析，結果如表九所示。

由表九可看出，p 值均小於  $\alpha$  值（顯著水準 = 0.05），代表濃度計設定之 n 參數值（n = 1.11 ~ 1.29）所測得之 50% 網點面積與光學影像擷取系統結合 WIPLab 和 Photoshop 軟體所計算之 50% 網點面積均有顯著相關。其中，WIPLab 軟體計算 50% 網點面積所建議之最佳「n 參數值」為 1.16（相關係數最高， $\gamma = 0.428$ ），最佳 n 值範圍為 1.11 ~ 1.16；Photoshop 軟體計算 50% 網點面積所建議之最佳「n 參數值」則為 1.12（相關係數最高， $\gamma = 0.517$ ），最佳 n 值範圍亦為 1.11 ~ 1.16。因此，本研究建議應用 Yule-Nielsen 公式測量光碟表面上網點面積之適當「n 參數值」為 n = 1.11 ~ 1.16。

表九 “n” 參數值與 WIPLab 和 Photoshop 軟體之相關性分析（n 為 1.11 ~ 1.29）

Correlation	Number of csae		Sig. (2-tailed)		Pearson Correlation	
	WIPLab	Photoshop	WIPLab	Photoshop	WIPLab	Photoshop
n = 1.11	50	50	.002	.000	.418**	.514**
n = 1.12	50	50	.002	.000	.424**	.517**
n = 1.13	50	50	.002	.000	.423**	.516**
n = 1.14	50	50	.002	.000	.420**	.508**
n = 1.15	50	50	.005	.000	.391**	.500**
n = 1.16	50	50	.002	.000	.428**	.505**
n = 1.17	50	50	.007	.000	.377**	.487**
n = 1.18	50	50	.010	.001	.359*	.469**
n = 1.19	50	50	.005	.000	.392**	.475**
n = 1.21	50	50	.005	.000	.393**	.506**
n = 1.22	50	50	.004	.001	.396**	.469**
n = 1.23	50	50	.012	.001	.353*	.454**
n = 1.24	50	50	.002	.000	.424**	.476**
n = 1.25	50	50	.007	.000	.379**	.483**
n = 1.26	50	50	.004	.000	.401**	.504**
n = 1.27	50	50	.012	.001	.351*	.448**
n = 1.28	50	50	.008	.001	.369**	.450**
n = 1.29	50	50	.004	.000	.399**	.491**

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

## 重要結論與建議

本研究之主要過程為 (1) 請專家以視覺判斷方式找出正確之 50% 階調, (2) 找出應用 Yule-Nielsen 公式來測量光碟表面上的網點面積時之適當的「n 參數值」。本實驗以無水平版印刷機進行印刷, 在達到適當滿版濃度之後正式印製實驗所需之 100 片光碟, 並以系統隨機抽樣方式抽取 50 片印製品。本研究先聘請一位對平版印刷有數年經驗之專家, 使用放大鏡以肉眼觀察方式來界定每一片光碟上專家認為的真正 50% 網點, 並記錄之。進一步使用光學影像擷取系統 (OICS) 和 X-Rite530 分光密度儀, 分別測量專家認為之真正 50% 網點階調並將數據資料輸入統計軟體。所測得的數據利用 Minitab 13.3 和 SPSS10.0 統計軟體來做資料的分析。本研究利用 SPSS 統計軟體之相關性分析 (Correlate), 檢測濃度計所測得之 50% 網點面積與光學影像擷取系統利用 WIPLab 軟體、Photoshop 影像分析軟體所計算之 50% 網點面積有無顯著相關。

### 一、重要之研究結果彙整

- (一) 光學影像擷取系統以 WIPLab 軟體計算時, 50% 網點面積平均為 51.1522%, 以 Photoshop 影像分析軟體計算時, 則 50% 網點面積平均為 53.6614%。在濃度計測量方面, 可明顯看出當「n」參數值 = 1.1 時, 其平均值為最大 (55.804%), 「n」參數值 = 2.0 時, 則其平均值為最小 (42.88%)。值得注意的是當濃度計所設定之「n」參數值由 1.1 增加至 2.0 時, 所測量之 50% 網點面積百分比從 55.804% 下降至 42.88% (如表四、圖三所示)。在利用濃度計設定「n」參數值或是利用 WIPLab 和 Photoshop 計算 50% 網點面積中, 以「n」參數值 = 1.3 與 WIPLab 軟體所計算之網點面積平均值最接近 50%。當「n」參數值 = 1.9 時, 其變異量為最大 (1.7553); 以 Photoshop 影像分析軟體計算 50% 網點面積之變異量則為最小 (1.3328)。
- (二) 本研究檢測濃度計設定不同「n」參數值 (「n 參數值」範圍為 1.1 ~ 2.0) 所測得之 50% 網點面積與光學影像擷取系統利用 WIPLab 軟體和 Photoshop 軟體所計算之 50% 網點面積有無顯著相關。檢測結果與皮爾森相關係數彙整如表十。其中, 除了濃度計帶入 1.6 與 2.0 之「n」參數值所測得之 50% 網點面積與光學影像擷取系統利用 WIPLab 軟體所計算之 50% 網點面積無顯著相關之外, 其餘「n」參數值之設定所測得之數值均與 WIPLab 軟體和 Photoshop 軟體所計算之數值有顯著相關 (p 值均小於  $\alpha$  顯著水準 0.05)。以 WIPLab 軟體計算 50% 網點面積所建議之最佳「n」參數值為  $n = 1.2$ , 最佳 n 值範圍介於 1.2 ~ 1.3 之間; 以 Photoshop 影像處理軟體計算 50% 網點面積所建議之最佳「n」參數值亦為  $n = 1.2$ , 當 n 值設定為 1.1、1.2 以及 1.3 時, 其 p 值均為 .000, 且 n 值之設定為連續範圍, 因此建議最佳 n 值範圍介於 1.1 ~ 1.3 之間。
- (三) WIPLab 為真實色彩影像處理與分析的套裝軟體 (使用 Windows 界面), 其專為科學、工程和其他領域之專家和學生所設計; Photoshop 軟體則為專門應用在印刷影像處理之軟體。兩種軟體計算光學影像擷取系統所擷取之 50% 網點面積之數值有高度正相關, 其皮爾森相關係數為 0.754 (見表八)。本研究以成對樣本 t 檢定 (Paired samples t test) 檢測 WIPLab 與

表十 研究假設結果與皮爾森相關係數之彙整

Correlation	WIPLab Sig. (2-tailed)	WIPLab Pearson Correlation	Photoshop Sig. (2-tailed)	Photoshop Pearson Correlation
n = 1.1	.040*	.291*	.000*	.475**
n = 1.2	.005*	.389**	.000*	.481**
n = 1.3	.006*	.380**	.000*	.476**
n = 1.4	.021*	.325*	.001*	.462**
n = 1.5	.015*	.343*	.003*	.415**
n = 1.6	.065	.263	.011*	.356*
n = 1.7	.013*	.350*	.004*	.402**
n = 1.8	.030*	.307*	.006*	.386**
n = 1.9	.039*	.294*	.010*	.361**
n = 2.0	.065	.263	.014*	.347*

\* significant at  $\alpha = 0.05$

Photoshop軟體在計算光學影像擷取系統所擷取之50%網點面積是否有顯著差異，結果顯示WIPLab與Photoshop軟體所測得50%網點面積有顯著差異。因此，在分析計算網點面積時，需考慮分析軟體的適用性。以本研究而言，專門作為處理印刷影像之Photoshop軟體所計算之50%網點面積與不同“n”參數值所測量之50%網點面積相關性較高，因此，Photoshop軟體較合適作印刷上網點面積的計算。

(四) Photoshop軟體所計算之50%網點面積與濃度計所測得之50%網點面積相關性較高(見表五、表六)，因此，就印刷領域而言，在計算影像之面積時Photoshop軟體會比WIPLab軟體來的可靠。以Photoshop影像處理軟體計算50%網點面積所建議之最佳「n參數值」為1.2，最佳n值範圍介於1.1~1.3之間，為了找出更為精確的n值(小數點下二位數)，本研究進一步利用X-Rite 530分光密度儀，設定10個不同的「n參數值」(「n參數值」範圍為1.11~1.29，以0.01為差距來設定“n”值)來測量專家所建

議的真正50%網點，將測得之數值再與WIPLab和Photoshop軟體所測得50%網點面積作相關性分析，結果彙整如表十一所示。濃度計設定之n參數值(n=1.11~1.29)所測得之50%網點面積與光學影像擷取系統結合WIPLab和Photoshop軟體所計算之50%網點面積均有顯著相關。其中，WIPLab軟體計算50%網點面積所建議之最佳「n參數值」為1.16(相關係數最高， $\gamma = 0.428$ )，最佳n值範圍為 $1.11 < n < 1.16$ ；Photoshop軟體計算50%網點面積所建議之最佳「n參數值」則為1.12(相關係數最高， $\gamma = 0.517$ )，最佳n值範圍亦為 $1.11 < n < 1.16$ 。

## 二、與過去相關研究結果之比較

Pearson (1980, p. 415) 指出 Yule-Nielsen 公式主要根據紙張上光線散射以及網屏線數而來，其亦受網點面積和滿版濃度影響而有所不同，然而，為求得正確之網點面積，採用正確之“n”參數值是必要的。在不同的印刷條件下，Yule Nielsen 公式

表十一 “n” 參數值與 WIPLab 和 Photoshop 軟體之相關性分析 (n 為 1.11 ~ 1.29)

Correlation	Sig. (2-tailed)		Pearson Correlation	
	WIPLab	Photoshop	WIPLab	Photoshop
n = 1.11	.002	.000	.418**	.514**
n = 1.12	.002	.000	.424**	.517**
n = 1.13	.002	.000	.423**	.516**
n = 1.14	.002	.000	.420**	.508**
n = 1.15	.005	.000	.391**	.500**
n = 1.16	.002	.000	.428**	.505**
n = 1.17	.007	.000	.377**	.487**
n = 1.18	.010	.001	.359*	.469**
n = 1.19	.005	.000	.392**	.475**
n = 1.21	.005	.000	.393**	.506**
n = 1.22	.004	.001	.396**	.469**
n = 1.23	.012	.001	.353*	.454**
n = 1.24	.002	.000	.424**	.476**
n = 1.25	.007	.000	.379**	.483**
n = 1.26	.004	.000	.401**	.504**
n = 1.27	.012	.001	.351*	.448**
n = 1.28	.008	.001	.369**	.450**
n = 1.29	.004	.000	.399**	.491**

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

之“n”參數值的採用一直沒有一個較明確的依循 (Viggiano, 1987, p. 46)，然而，在過去有幾篇研究建議出在不同印刷條件下適用之“n”參數值。

Yule 和 Nielsen (1951, p. 72) 發表於 TAGA Proceedings 的報告中指出，不同網線數有其最適之“n”參數值，使用塗佈紙時，65 lpi (lines per inch) 網線數之最佳“n”參數值為 1.3；150 lpi (lines per inch) 網線數之最佳“n”參數值為 1.8；而 300 lpi (lines per inch) 網線數之最佳“n”參數值為 3.0；另外，使用非塗佈紙在網線數為 65 lpi (lines per inch) 時，最佳“n”參數值為 2.0。

Pearson 在 1980 年的報告中提供了一個參考的“n”參數值，其發現“n”參數值會隨著網屏線數的不同而有所改變，在網線數固定的作業條件下，被印材是影響“n”參數值之最大因素，n 值落在 1.4

~ 1.8 之間，適用於一般最常使用之印刷條件 (Pearson, 1980, p. 415)。Pearson 建議若是不知道“n”參數值，一般“n”參數值的平均建議採用 1.7 (Engeldrum, 1994, p. 545)。

M. Pearson 在 1980 年的 TAGA 會議中曾描述，在一般情況下“n”參數值的決定 (Bruno, 1986, p. 344)，常見的 n 參數值如表十二所示。

在大部分的印刷作業情況下，被印材料往往成為探討的焦點，Pope (1989, p. 144) 曾指出，以多孔的被印材製印刷品時 (如報紙)，「n 參數」愈高，反之，在測量光滑的塗佈紙時，「n 參數值」較低。本研究之被印材為光碟片，屬於光滑的被印材料，因此，經專家觀察與實證所建議之「n 參數值」較小且接近於 1.0，此與 Pope 所提出之結論相吻合。

表十二 常用之“n”參數值

	Typical n values
Coated paper	1.65
Uncoated paper	2.70
DuPont Cromalin	2.60
Agfa Gevaert Gevaproof	1.40
3M Color Key	4.00
3M Transfer Key	1.90

資料來源：Principles Of Color Proofing( p. 344 )by Michael H. Bruno, 1986, Salem: GAMA Communications.

印版上網點面積的測量在近幾年才逐漸受到業者的注意，目前市面上所提供作為印版測量的濃度計大多採用Yule-Nielsen公式來測量印版上之網點面積。Gretag濃度計使用手冊建議，大多數的印版以Yule-Nielsen公式計算網點面積時，當「n參數值」設定介於1.08~1.24之間時（1.15則為一個常用的數值），可取得正確之網點面積百分比。Hsieh（1998, pp. 24-30）透過專家的協助和實驗設計，建議測量平版印刷專用陰片型PS版材之適當

“n”參數值為1.34。

### 三、研究建議

1. 本研究建議應用Yule-Nielsen公式測量光碟表面上網點面積之適當“n”參數值為 $n = 1.11 \sim 1.16$ 。
2. 本研究結果顯示，無論是採用WIPLab軟體或是Photoshop軟體來計算網點面積，其結果具高度正相關，因此，WIPLab軟體和Photoshop軟體均可應用在網點計算上，由於目前幾乎所有的印刷廠及輸出中心均備有Photoshop影像處理軟體，因此，無須再購置WIPLab軟體，使用現有之Photoshop軟體即可作網點面積的計算分析。
3. 研究中，濃度計所設定“n”參數值與光學影像擷取系統結合影像分析軟體（WIPLab和Photoshop）所計算50%網點面積之皮爾森相關係數未達0.75以上，主要原因可能與專家觀測的一致性有關，若可增加研究經費，聘請多位專家來觀察建議真正的50%網點，應可提高相關性和一致性，所推論建議之“n”參數值也會更加準確。

## 參考書目

- ANSI<sup>®</sup>: CGATS.4-1993.(1993). Graphic technology-Graphic arts reflection densitometry measurements-Terminology, equations, image elements and procedures. Reston, VA: NPES The Association for Suppliers of Printing and Publishing Technologies. 7.
- Basch, Frank. (1997). Densitometry: Your guide to print quality. *Screen printing*. 87 (6), 44-52, 104.
- Blank Media CD Printing-FAQ. (2001). [On-line]. Available: <http://www.cd-lab.com/printfaqs.html>
- Block, Debbie Galante. (1997). Print me beautiful: disc printing options for CD and DVD. *Emedia Professional*. 10 (8), 42-53.
- Bradigan, John. (1994, August). Compact-disc imaging: Screenmaking automation provides process control. *Screen Printing*. 84 (8), 54-57.
- Bruno, Michael H. (1986). *Principles Of Color Proofing*. Salem: GAMA Communications. 73-96, 333-344.
- Dot Area Measurements on Lithographic Plates.(n.d.) BETA INDUSTRIES.
- Engeldrum, Peter G. (1994). The Color between the Dots. *The Society for Imaging Science and Technology*. 545-551.
- Engeldrum, Peter G. (1996). An MTF Analysis of Papers. *Journal of Imaging Science and Technology*. 40 (1), 19-25.
- GATF Staff. (1995, November). Densitometers Today, *GATFWorld*. 7 (2), 6-11.
- Greavu, J. (1997, March). CD decorating: Dodging downtime with efficient job changeovers. *Screen Printing*. 87 (3), 46-49.
- Hsieh, Yung-Cheng. (1998). Measuring Dot Gain from Film to Plate: Murray-Davies or Yule-Nielsen Equation? *Visual Communications Journal*. 24-30.
- Inoue, S., Tsumurn, N., & Miyake, Y. (1996). A New Model to Estimate Optical Dot Gain in Printings and its Applications. *Proceedings of the IS&T Annual Conference Proceedings of the 1996 IS&T 49<sup>th</sup> Annual Conference*. 353-356.
- Kiddell Peter. & Burnside Carol. (1998). Quick Tips: CD printing

- developments. *Screen Printing*. 88 (7), 26.
- Killeen, Cindy L. (1995). Dealing with Dot Gain. *GATFWorld*. 7 (3), 27-36.
- Nersesian, Bob. (1996). Compact discs: Apples, oranges, offset. *Screen Printing*. 86 (1), 40-42.
- Pearson, Milton. (1980). n Value For General Conditions. *TAGA Proceedings*. 415-425.
- Pope, William W. (1989). A Practical Approach to N-Value. *TAGA Proceedings*. 142-151.
- Rao, Malvinder. (1998). The Benefits of Offset Printing On CD. *Audio Video & Broadcasting Studio Systems*. 39.
- Setting "n factor" in 400 series Densitometers. (1999). [Online]. Available: <http://www.x-rite.com/HelpDesk/ShowPage.asp?FAQNr=62&RecType=5&id=42>
- Southworth, Miles & Southworth, Donna. (1989). *Quality and Productivity In The Graphic Arts*. New York: Graphic Arts Publishing Co.
- Viggiano, J. A. Stephen. (1987). Modeling the Color of Multi-Colored Halftones. *TAGA Proceedings*. 44-62.

Yule, J.A.C., & Nielsen, W. J. (1951). The Penetration of Light into Paper and its Effect on Halftone Reproduction. *TAGA Proceedings*. 65-76.

鄧邇(2000, 6月25日): 供不應求光碟大廠全力擴產, 經濟日報, 15版。

龔玲慧(1991): 光碟。印刷科技, 7, 1-20。

## 致謝

研究期間，特別感謝行政院國家科學委員會提供經費支援 (NSC 89-2511-S-144-002)，協助本研究購置所需光學影像擷取系統等實驗設備及支付相關費用，使本研究得以如期完成。本研究亦感謝研究助理林華發先生和吳玉如小姐的全力協助，沒有他們的協助，本研究無法完成，特此致謝。

收稿日期：90年10月03日

修正日期：90年10月20日

接受日期：90年11月21日

## 附錄 專家觀測者之簡歷

部門/廠長

報告者/吳文和

日期 90年1月4日

### 廠長個人簡歷

- 1962年 出生於基隆。
- 1980年 畢業於台北市大安高工印刷科。  
同年保送文化大學印刷工程學系就讀。
- 1983年 參加裕台中華印刷廠建教合作,開始學習印刷機操作及手工拼版技術。
- 1984年 畢業文化大學印刷工程學系。  
服役於台中聯勤製圖廠,操作羅蘭菊倍6色印刷機。
- 1986年 役畢返回裕台中華印刷廠履行合約兩年,擔任拼版副領班及擔任業務員各一年。
- 1988年 任職山水印刷,晚上自立早報製版部兼職。
- 1990年 擔任山水印刷廠長。
- 1992年 山水印刷製版電腦化,開始接觸電腦軟體操作  
如:Photoshop, Illustrator, Freehand, Quark, Crosfield Studio。
- 1993年 學習晒版連晒機,邁向作業自動化。  
熟悉平版印刷製程規化及品質管控。
- 1996年 學習GRETAG電腦配墨系統。
- 1997年 山水印刷購買平版UV印刷機,開始學習特殊材質印刷,如塑膠、鋁箔。  
公司開始準備ISO9002認證,聘請顧問師來廠上課。
- 1998年 山水印刷通過ISO9002認證,為公司管理代表。  
授聘為技能檢定平版印刷及製版監評委員。
- 1999年 開始學習3D立體製版印刷技術。
- 2000年 授聘為印刷工業研究中心講師。  
開始學習色彩管理系統。  
與法國老師學習新的印刷技術HOLOGRAVURE。

# Optimal “n” Values for Yule-Nielsen Equation to Measure Dot Areas on Compact Discs

Yung-Cheng Hsieh

Graduate School of Applied Media Arts of National Taiwan University of Arts

## Abstract

In this information age, compact disc (CD) decorating has become an area of extreme interest for printers due to the increasing need of the digital market. Recently, CD printers put much emphasis on dot area measurements in order to monitor and assess their dot reproduction quality. The purpose of the study was to find out the optimal n-factor value (range) for the compact discs printed using the waterless offset process. A digital test form containing 32 patches from 25% to 56% tints was used to run the experiment. One hundred CDs were printed and 50 of them were systematically randomly selected for analyses. An expert observer was carefully selected to identify the true 50% tint, and then, the true 50% tint was captured by a specially-purchased optical image capture system (OICS) in combination with WIPLab and Photoshop software to analyze and compute dot areas for the CDs. A X-Rite 530 spectrodensitometer was used to read the sampled CDs using 10 different n-factor values ranged from 1.1 to 2.0. Finally, the correlation analyses were performed to investigate the correlation between the OICS\_WIPLab and densitometric readings, and the correlation between the OICS\_Photoshop and densitometric readings. The major findings are as followings. (1) Based on the OICS\_WIPLab analysis, the best n-factor value for densitometers is 1.16 and its optimal range is 1.11 ~ 1.16. (2) Based on the OICS\_Photoshop analysis, the best n-factor value for densitometers is 1.12 and its optimal range is also 1.11 ~ 1.16. (3) Photoshop is a commonly used image processing software in the printing industry, whereas, WIPLab is a specially purchased image analysis software in this study, which is originally developed by the biochemical industry. Both are reliable software to analyze irregular shape areas. However, this study shows that Photoshop is a better method to compute irregular printed dot areas on CDs in terms of the consistency and accuracy of measurement.

**Keywords:** compact disc decorating dot areas “n” factor Yule-Nielsen equation waterless offset printing