

奈米材料對數位影像輸出用紙影響之研究 —彩色噴墨印刷適性

A Study of Nanoparticle Materials on the Effect of Digital Imaging Output Paper
—Color Inkjet Printing Compatibility

*陳忠輝(Chen, Chung-Hui)

摘 要

噴墨印刷是無壓印刷主要型態之一，亦為未來數位印刷重要趨勢。為要求彩色噴墨印刷適性有優異表現，其數位影像輸出用紙必須予以塗佈。又奈米材料具有高表面積/體積比，及傑出機械、光、電、磁、表面等特性。本研究以碳酸鈣顏料之奈米材料加入塗佈之製作，以不同比例顏料與混合配方改變之調配塗料，並使用這些塗料與原紙以塗佈機完成新型數位影像輸出用紙。最後將其經由噴墨印表機，利用分光光譜儀進行色彩數據量測，再以色彩導表評估與分析。研究結果證實，加入碳酸鈣顏料之奈米材料塗佈後，此數位影像輸出用紙之彩色噴墨印刷適性，其色相較不易產生偏移且整體的色域範圍也擴大；對於所有的暗部明度值明顯增加；色彩分佈情形呈現更均勻一致；紙張與印墨之間配合良好，並獲致更高等級數位影像輸出用紙之改善。

Abstract

Inkjet printing is the main one of the nonimpact printing and the important trends of the digital printing in the future. In order to get excellent color inkjet printing compatibility, its digital imaging output paper should be coated. Besides, owing to nanoparticle materials have high surface/volume ratio, and outstanding mechanical, optical, electrical, magnetic characteristics. This research is to take nanoparticle materials of CaCO_3 pigment into coating and changes the ingredients by adjusting the proportion of the pigment, then uses these coatings and base paper with coater to make a novel digital imaging output paper. At last evaluates and analysis from color target chart through spectrophotometer color data on digital imaging output paper with inkjet printer. The research result has showed that color inkjet printing compatibility of digital imaging output paper of taking nanoparticle materials of CaCO_3 pigment into coating improves the hue shift condition and broadens out whole color gamut domain; the brightness of total shade area increases clearly; color profile distributes evenly; the suitability between paper and ink is very good, and makes higher grade digital imaging output paper.

關鍵字：奈米材料、數位影像輸出用紙、彩色噴墨印刷適性、碳酸鈣

Keywords: Nanoparticle materials、Digital imaging output paper、Color Inkjet printing compatibility、 CaCO_3

* 陳忠輝：世新大學圖文傳播暨數位出版學系副教授/ Associate professor, Shih Hsin University, Department of Graphic Communication and Digital Publishing

目 錄

| | |
|---------------|----|
| 壹、 緒論..... | 72 |
| 貳、 文獻探討 | 72 |
| 參、 研究方法 | 78 |
| 肆、 結果與討論..... | 79 |
| 伍、 結論與建議..... | 80 |

壹、 緒論

近年來隨著各種產業不斷數位化的潮流，印刷程序逐漸全面風起雲湧的數位化，亦是不可抵擋的必然趨勢，進而使得噴墨印刷市場的需求與應用層面，正在一直擴大發展，於是對噴墨印刷適性諸方面的要求聲浪，就日漸急迫^{1~2}。

傳統印刷紙張並不適合在噴墨印刷上使用，其原因主要在於其所使用的印墨為水性，有鑒於噴墨印刷是使用無壓印刷方法與水性印墨形態，若要提昇印刷品質則必須在紙張的表面處理上尋求改良，而最直接與有效的方式就是加強紙張的表面特性，亦即經過對紙張表面施予塗佈，讓用紙具有高度表現噴墨印刷適性之能力^{3~7}。

本研究之動機乃源自奈米材料(nanoparticle materials)具有不尋常的，且優異的機械、光、電、磁、表面等特性^{8~9}，期待以奈米材料之高表面積與體積比之特性，增加塗佈層中之固體顆粒含量;又根據文獻顯示¹⁰，絹雲母(sericite)可用來對塗佈層作加強，應可藉由使用含有絹雲母與碳酸鈣顏料之奈米材料為配方之塗佈層，而能改善彩色噴墨印刷適性，故將採用經過高科技製造之奈米材料與塗佈之配方調整等步驟，對數位影像輸出用紙進行創新與開發。

本研究之目標基於擷取新興科技產品之奈米材料，因為能夠適當改善纖維組織表面之性質，可強化彩色噴墨印刷適性，且更由於因此拓展其在數位影像輸出用紙領域，進而達到精密化學品增值後，所獲得之廣泛應用範圍。

貳、 文獻探討

一、 噴墨印刷發展

伴隨著資訊科技的快速發展，近年來噴墨印刷開始被普遍的使用在辦公室及一般家庭中，也正因為此市場的快速擴大，及其印刷品更應用在許多室外大型的廣告、海報、看板、數位打樣、少量多樣的彩色圖文複製，和包括數位相機之影像輸出列印等

場合需求，於是對於噴墨印刷品質的要求也日漸升高。

根據 digital output 2003 統計，在 2002 年全世界的單位噴墨銷售額已經達到\$180 億，而且預估在 2007 年時，零售額會以每年約 9%的比例，持續擴大到接近\$300 億。主要的原因，是這些噴墨印刷也能夠漸漸進入大量印刷以及戶外廣告的市場，並造成越來越多的商機。下列表 1¹¹ 為 Patti Williams 描述目前噴墨印刷之市場與未來成長趨勢。

表 1.全世界性的噴墨銷售統計與預測

| 噴墨銷售統計(水性+溶劑) | | | | | |
|--------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| | 2002 | 2003 | 2004 | 2007 | 02-07 (CAGR) |
| Unit Sales | 62,176 | 67,014 | 72,233 | 82,585 | 6% |
| Installed Base | 197,708 | 217,866 | 234,193 | 275,816 | 7% |
| Total System \$ | \$1,079,992,275 | \$1,141,799,747 | \$1,194,663,738 | \$1,235,108,479 | 3% |
| Total Ink (Liters) | 6,982,465 | 8,591,695 | 10,169,981 | 15,867,069 | 18% |
| Total Ink Revenue | \$1,791,282,214 | \$2,005,809,497 | \$2,163,473,794 | \$2,771,955,987 | 9% |
| Total Mfr Revenue @ Retail | \$4,734,652,140 | \$5,285,836,836 | \$5,742,539,773 | \$7,245,231,402 | 9% |
| \$ Retail Value of Printed Output | \$18,349,358,021 | \$20,549,678,082 | \$22,375,435,594 | \$29,573,890,694 | 9% |

二、奈米科技

奈米科學技術是 20 世紀 80 年代末誕生並迅速崛起的高科技，它的基本含義是在奈米尺寸(即 0.1~100nm)範圍內認識和改造自然，通過直接操弄和安排原子、分子運動規律和特性，創造新物質的技術方法。這意味可生產更多的材料和豐富多樣化的新產品。

「奈米」是英文 nanometer 的譯名，1 奈米為 10 億分之一米，大約有 45 個原子串起來那麼長，奈米結構通常指尺寸在 100 奈米以下的微小結構。目前，奈米科技研究主要在奈米材料方面，奈米材料指其晶粒大小在 0.1~100 奈米範圍的物質。研究證實，當材料粒子進入奈米級粒子時，本身就具有量子尺寸效應、小尺寸效應、表面效應和宏觀量子隧道效應等特性。由於奈米粒子的尺寸已接近光的波長，加上其具有大表面積的特殊效應，其所表現的特性如熔點、磁性、光學、導熱、導電特性等往往不同於該物質在整體狀態時所表現的特性^{8,12}。

三、 奈米科技在紙張方面之應用

奈米材料被視為 21 世紀之明星產業技術，其材料之開發已列為國家重點科技專案之一。奈米材料在單一奈米粒子中僅含有數個至數十萬個原子，因此具有高表面積與高體積比的特性，也因如此，使得奈米材料在物理、化學與機械性質的表現皆有異於一般的塊料(bulk)或米/微米級的材¹³。

例如當晶粒尺寸由 $10\ \mu\text{m}$ 降至 10nm 時，雖然其粒徑改變為 1000 倍，但換算成體積則有 10^9 倍之改變。在表面積上，如以奈米粒子堆積成一立方公分的體積，其總表面積可達 6000 平方公尺之多。而在光學特性上，由於奈米材料的尺寸小於光波波長，加上其具有高表面積之特殊效應，因此當光線打在奈米材料上時，將產生複雜的交互作用，而使得其光學特性與米/微米級的材料或是一般塊料迥然不同¹⁴。

傳統紙張所用的樹木、竹、麻等纖維較粗，而塗料、充填物的顆粒較大，令普通紙具有怕水、怕潮等缺點。奈米技術在造紙業應用將日益廣泛。目前木纖維只能加工到微米($100\sim 1000\text{nm}$)的水平，由於木材的細胞直徑相對較粗，通過木材奈米科技可改變木材細胞結構和控制細胞生長，就可能改變木材的特性。將木材加工到奈米級，木材原來的細胞結構將被破壞，纖維組織結構發生變化，纖維素、半纖維素和木質素可在加工過程中用機械方法分離，這樣就可以大大提高製漿得率和降低製漿造紙工業對環境的污染^{4,15}。

在造紙塗料中，將奈米碳酸鈣應用於塗佈白紙與紙板塗料中能有效改善白紙與紙板的性能。奈米碳酸鈣的加入有利於塗層幾種重要性能指針的提高，如 IGT 值、K&N 印墨吸收性、平滑度等¹⁵。

四、 數位影像輸出用紙之塗料—彩色噴墨印刷

顏料是塗料之主要成份，在一般的塗佈紙的塗料中占 75%~90%，而對於彩色噴墨印刷而言，顏料顆粒的含量百分比可達 50%~55%，塗佈層更確切的影響到，水性印墨在紙張上的結合與表現⁶；當水性印墨與塗佈紙接觸時，塗佈層會把顏料從載體中分離出來，並將顏料托住帶到紙張上，紙張就不易發生印墨印透(strike through)。另外，塗佈層可快速的吸收水份，讓紙張不會有分散不均勻(wicking)、滲色(bleed)、起皺(cockle)與卷曲(curl)的現象¹。

塗佈用顏料重要作用是¹⁶：

- (1) 填平紙張表面以提高塗佈紙的平滑度及改善對印墨之吸收性，以利於印刷適性。
- (2) 增加塗佈紙的白度、不透明度及光澤度。
- (3) 改善紙張之外觀。

塗佈用顏料應具備的條件如下¹⁶⁻¹⁷：

- (1) 顏料的白度(白色顏料)和不透明度要高，即遮蔽能力強，以利於高塗佈紙的白

度和不透明度。

- (2) 顏料的粒度要適當，粒子的形狀要合乎要求。
- (3) 顏料要易於分散水，以保證所製得的塗料既有較高的固形份，又有較好的流動性和穩定性。
- (4) 顏料顆粒的硬度要小，砂石含量少。
- (5) 游離金屬氧化物的含量要少，以防止發生不規則的漂色現象，造成整批紙的色澤不一致。
- (6) 顏料要具有比較高的化學穩定性，與塗料中的其他成份要有較好的適應性，以降低膠著劑的耗量。
- (7) 顏料的種類和性質對塗佈紙的物理、光學及印刷適性有著重大影響，所以塗料配方中顏料的選擇是非常重要的。
- (8) 顏料有白色和有色之分，白色顏料佔 70%~90%。白色顏料一般分為二大類，即天然顏料和合成顏料，或是無機顏料和有機顏料。白色顏料的分類見表 2¹⁶。

表 2.白色顏料的分類

| 顏料的種類 | | 顏料名稱 |
|-------|--------|--------------------------|
| 無機顏料 | 天然顏料 | 白土、高嶺土、滑石粉、碳酸鈣、二氧化矽、重晶石粉 |
| | 半合成顏料 | 鈦白粉、氫氧化鋁、氧化鋅 |
| | 複合合成顏料 | 鍛白、鋅鋁白 |
| 有機顏料 | 合成顏料 | 塑料顏料 |

以下探討塗料中所使用到主要之顏料與其特性。

A. 白土 (clay)

白土是塗料中最常用到的白色顏料，又名高嶺土。它的化學組成為 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 因產地不同，各組成和性質也不同。由於白土化學性質穩定，結晶形態特殊，價格低廉，因此被廣泛應用。

白土的理想化學成份為 SiO_2 46.5%、 Al_2O_3 33.9%、 H_2O 14%，一般混有少量的 Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 Na_2O 、 K_2O 等成分。作為塗料用的白土，一般密度 $2.54\sim 2.60\text{g/cm}^3$ ，折光率 $1.55\sim 1.56$ ，白度 $80\%\sim 90\%$ ，呈純白色，粒子形狀以六角形為宜。國外也有採用剝層的方法，將白土剝離成薄片狀，以改進其白度和光澤度。因為薄片狀白土的表面白度高，光澤度佳，塗料用白土有特殊的要求。白度高，光澤度佳，易分散，粘度低，pH 適當，粒徑分布適宜。白土的粒子以六角形片狀為好，用晶體結構規則的白土可製出粘度低、流變性好的塗料，塗佈於紙面易得到排列平行的顆粒，因此使塗佈紙平滑度高，光澤度佳¹⁶。

B. 碳酸鈣 (CaCO₃)

用於塗料的碳酸鈣有二種，一種是用化學反應的方法製成的，稱為沉澱碳酸鈣或是輕質碳酸鈣。另一種是用天然的碳酸鈣研磨而成的，稱為研磨碳酸鈣或是重質碳酸鈣。碳酸鈣一般不單獨使用，大多數和白土配用，用量一般為 5%~20%，如果配合使用得當，可提高塗佈紙的白度、不透明度和印刷適性。但由於碳酸鈣的光澤度差，用它製作出的塗料粘度較大，耗用膠著劑較多，因此其配用量受到限制。隨著研磨技術的發展和進步，研磨碳酸鈣的粒度逐漸降低，成本大幅度下降。研磨碳酸鈣常與白土以 5%~50% 的配比組成塗料配方中的顏料部份。它們的配合使用賦予塗料有更好的流動性並可提高塗佈紙的白度等級，但用量大於 40% 後效果不大。至於光澤度下降的趨勢，隨著碳酸鈣粒度的進一步縮小，可能會有所緩解。研究顯示，當研磨碳酸鈣達到一定細度時，可顯著改善其光澤度，使之接近白土的水平，這也許與極細的碳酸鈣顆粒可造成微觀上平滑的表面有關¹⁶。

奈米碳酸鈣粉末可廣泛應用於塗料、塑料、橡膠、造紙、印墨、油漆、化粧品等領域。2001 年國際碳酸鈣市場已達到 480 萬噸，國內進口量約 10 萬噸/年。30nm 的奈米碳酸鈣粉末進口價為 1.1~1.4 萬元/噸，近 5 年內奈米碳酸鈣市場需求量約為 20 萬噸/年⁹。

C. 二氧化矽 (SiO₂)

1997 年，浙江省舟山市普陀升興奈米材料開發有限公司與大陸中科院固體物理研究所合作，成功開發出 20nm 的奈米 SiO₂ 粉末，年產量 3~10 噸。奈米 SiO₂ 粉末的比表面積大於 600m²/g，而普通白炭黑 (white carbon black) 僅為 100~200m²/g。奈米 SiO₂ 粉末的價格約為普通白炭黑的 2 倍。奈米 SiO₂ 粉末的應用領域十分廣泛，幾乎涉及到原來所有應用 SiO₂ 粉末的行業。而改用奈米 SiO₂ 後，製品的各項功能，性能指標都會大幅度提高。大致上來說，有下述幾個比較主要的功能⁹。

- (1) 奈米 SiO₂ 可提高陶瓷製品的韌性、光潔度。
- (2) 奈米 SiO₂ 製成人造莫來石，莫來石具有高的導熱性和良好的力學性能，是電子工業封裝的最佳原料之一。
- (3) 新型橡膠材料，奈米 SiO₂ 作為橡膠補強劑應用很廣。
- (4) 抗紫外線幅照之透化塗料，若在有機玻璃聚甲基丙烯酸甲酯 (poly methyl methacrylate ; PMMA) 表面塗佈奈米 SiO₂ 塗層，利用奈米 SiO₂ 的透明性和對紫外線的吸收特性，即可防止有機玻璃的紫外線幅照之老化。
- (5) 黏結劑和密封膠的重要添加劑。國外在這些產品中採用了奈米粉末作為添加劑，而奈米 SiO₂ 是首選材料。
- (6) 抗油漆老化添加劑。添加奈米 SiO₂，即能使油漆抗老化，又能使油漆乾燥時很快形成網絡結構而增強了強度和光潔度，油漆的質量水準自然升級。
- (7) 新型塑料添加劑。在塑料中添加奈米 SiO₂，不但具備補強作用，又利用

它的透光率好、顆粒尺寸小，使塑料變得更緻密，因而提高了透明塑料的強度、韌性和防水功能。

五、彩色噴墨印刷適性

以下歸納整理一些彩色噴墨印刷適性之評估要點^{3,5}：

(1) 毛細現象(wicking)

紙張經由毛細管作用吸水之能力，或印墨沿著紙張纖維分散的能力。

(2) 滲潤、化水(feathering)

類似毛細現象，會在線或是字體的出現一個輪廓，沒有細長纖維的構成。

(3) 色料擴散(bleeding)

指顏色跟顏色互相滲透，特別是在彩色噴墨印刷中不同之墨色濕式疊印在一起的時候，各色彩間混合在一起時，還是會有一個清晰的外觀。

(4) 墨斑(mottling)

對於墨斑的描述，“在均一的版調區域，一個多餘的側面反射能力的變化，表達出隨機的“模糊不清”或是“紋理”，有時候也許是一些有條理次序的圖案。墨斑在文字的部份，並不容易看見，同時也不明顯。在一些擁有豐富細節的複雜影像，墨斑更是難以看見。但是在一些較為平靜 (calmer) 的影像部份，像是天空或是有均一的背景調子之印版上，我們可以清楚的看見墨斑的產生。

(5) 乾燥時間(drying time)

紙張的製造與印刷的程序變的越來越快速，印墨乾燥速度與滲透的參數，於決定印刷品質的好壞上會變的更為重要。

(6) 適機性(runnability)

紙張在印刷時能維持順暢運轉及印刷持續的性能。

(7) 耐光性(light fastness)

顏色受光照射而不變色的性能。

(8) 色彩空間(color space)

指色相(hue)、色域(color gamut)、明度(brightness)、色彩分佈(color profile)等。

六、小結

想要有良好的彩色噴墨印刷品質，必須對被印材料或是在噴墨之印墨上進行改善。在前述所提到之方式，即採用以表面塗佈奈米塗料之方式，對紙張表面進行處理。但是對於奈米化之塗料，應用在紙張塗佈上的真正效用，並不十分了解，所以最後塗佈完成後的紙張，還是得經過數位影像輸出用紙之彩色噴墨印刷適性之評估，與客觀分析驗證，才可以得知其結果¹⁸。目前已經知道奈米顏料的科技可以廣泛地運用到每一種技術上，諸如，在傳統印刷用墨方面，可以提高色彩飽和度和降低配色色母

數；在噴墨印表機上可以提高色域 1 倍和耐久性；在顯示器方面，可以使色域增加和光穿透力超過 10%以上；在紡織噴墨上，可以有少量多樣化的織物噴墨和環保低污染的優點.....等等，甚至是醫療用和化妝用特化品皆可作有效的利用。於此同時，要注意到二點：成本和效果。如果發展出的產品，其單位成本居高不下，恐怕很難普及，市場也可能無法接受；另外，假使效果沒有預期中的好或是與原本的製程、產品的差異性不大的話，同樣的也會影響到後續的研究動力。所以，奈米顏料雖是未來的新發展趨勢，但不是在拘泥於顆粒尺寸的大小，而是由於微細化所顯現出來的裨益，藉以提高產品的附加價值和提升產業的競爭力，才是未來追求新技術的真正目的。

參、研究方法

本研究主要是以奈米材料來取代塗料中之傳統顏料，爲了取代傳統顏料之塗料達到高顏料含量、高流動性及增加塗佈速度，必須了解塗料配方中各成分(顏料、分散劑、增白劑、聚乙烯醇)間之相互關係，以探討一最佳之配方比例。

一、實驗物料

A.原紙之準備(表 3.列出實驗所使用之未塗佈原紙與基重)：

高級塗佈紙用原紙---主要以化學紙漿即針闊葉樹漂白牛皮紙漿，及滑石粉爲主要填料。

中級塗佈紙用原紙---以部分機械紙漿代替化學紙漿。

B.紙張基重之算法：乃是將各種紙張取 10 至 20 張，放置於電子秤盤讀取數值，再除以張數爲單張之重量，最後再換算成每平方公尺之克重。

C.塗料之準備：計算塗料中各成分絕乾添加比例及實際添加量，調整絹雲母、矽土、碳酸鈣、奈米碳酸鈣等之比例及固形份，與接著劑、添加劑之比例。

二、實驗儀器

A.烤箱

B.電子秤(精確度達小數後三位)

C.攪拌器

D.可調式塗佈棒

E.HP 印表機

F.CANON 印表機

G.EPSON 印表機

H.Gretag Macbeth Spectrochart V1.20 分光光譜儀

三、實驗步驟

A. 決定最適合之塗料比例

在這一個實驗過程中，計算塗料中各成分絕乾添加比例及實際添加量，第一階段調整絹雲母與矽土以及固形份與接著劑及添加劑之最佳比例。

第一階段的塗料調配比例如表 4 到 8 所示，絹雲母取代矽土的比例從 0% 一直到 20%，一共有五種比例。表中所列出之固形份，乃是因為實驗之材料會因為濕度造成含水量的不同，為求實驗的精確，必須了解各成份之固形份，也就是含絕乾重之百分比。絕乾重是將各塗佈成份(即溼重)經烤箱 80°C 烘烤四十分鐘後量測得到。

B. 使用奈米材料及最適合之塗料比例進行調配與塗佈

第二階段是採用第一階段實驗所決定之最佳塗料調配比例，使用奈米材料進行調配塗料之實驗。在這一階段中，所使用是碳酸鈣顏料之奈米材料，如表 9 所示。

C. 設計數位影像輸出之色塊導表

設計 R、G、B、C、M、Y、3C (R+G+B)、4C (R+G+B+BK) 共八條色階。每個主要色相再細分為十個階段，從 10%~100%。在紙張的四邊放置了八條滿版色塊，所以一共是 144 個色塊。將塗佈好之紙張經由噴墨印表機做數位影像輸出，再經過 Gretag Macbeth Spectrochart V1.20 分光光譜儀量測每個色塊的 lab 值、xyz 值…等。

肆、結果與討論

將分光光譜儀量測得到之數據，經由事先撰寫好之 Matlab 程式，畫出 CIELAB 色彩空間(圖 1 至圖 6)。可以從以下幾項分析探討：

一、a*b*平面上

從圖 1 上看來。可以發覺除了黃色、青色跟藍色的部份，其色彩點是呈現比較趨近於直線的狀態，其餘的部份像是紅色、洋紅還有綠色的部份，其色彩點都是呈現一個比較分散的狀態。也就是說黃色、青色跟藍色其色相比較沒有偏移。其他三個顏色的色相到後面的部份都呈現偏色的現象產生。接著再看圖 4，也就是使用塗料代號噴墨 Nano-20 製作之塗佈紙其色彩點的分佈情況。從這個圖中可以發覺每一個色彩點都是連續的，所以不會有跳階的情況產生。而且在黃色部份的最大彩度值從 a*值等於 2.8，b*值等於 72.1，5 變成 a*值等於 1.56，b*值等於 72.33。綠色的部份彩度最大的色彩點其 a*值為-38.85，b*值為 17.77，擴展到 a*值為-40.23，b*值為 12.55。青色部

份最大彩度點的 a^* 值從 -27.24， b^* 值 -35.81 擴大到 a^* 值為 -21.26， b^* 值 -41.31 的位置。其色彩範圍都有再往外擴大的現象，表示使用奈米材料組成之塗料的確會使色域範圍獲得改善。

二、 L^*a^* 平面上

從圖 2 來看，所有明度值的範圍從 90.84 到 21.46。紅色與洋紅色的明度範圍值從 85.92 到 55.21。綠色的部份明度值從 87.08 到 60.42。從圖 5 來看，也就是使用塗料代號噴墨 Nano-20 製作之塗佈紙其色彩點的分佈情況。所有明度值的範圍從 90.92 到 17.5，指所有明度值在暗部的方面也有明顯的擴展。綠色暗部的明度值也從原來的 60.42 擴展到 52.8。從這個角度來看，使用奈米材料進行塗佈後，所有明度值在暗部之方面會得到擴展。此外，在綠色暗部之地方，其明度值也會有明顯增加。

三、 L^*b^* 平面上

從圖 3 來看，可以發覺在這個角度上觀察，像黃色、青色、藍色這三個色相的色彩點的分佈都是呈現很分散的狀態。而且黃色色相的明度值有幾個也過於低落，像是 L^* 值等於 75.31， a^* 值等於 1.01， b^* 值等於 58.27 這一個色彩點，雖然人眼觀看還是屬於黃色之色彩點，不過這樣的黃色看起來明度值會明顯的不夠。如果觀察圖 6，也就是使用塗料代號噴墨 Nano-20 製作之塗佈紙其色彩點的分佈情況。可以看出與圖 3 有明顯的不同。首先，在色彩點之分佈位置上，是比較均勻的規則分佈，不會像圖 3 一樣，呈現一個很分散的圖形。黃色色相的明度值也維持在 90.92 到 86.02 之間。青色暗部的明度值也會有明顯增加，從原來的 60.42 增加到 47.04。藍色的暗部明度值也從原來之 41.65 增加到 35.97。也就是說，使用奈米材料進行塗佈後，色相比較不會偏移，在青色與藍色暗部之地方，其明度值也會有明顯改善。

伍、結論與建議

經由上述的觀察與分析，可以發現使用奈米材料對於數位影像輸出用紙之彩色噴墨印刷適性影響如下：

- (1) 色相比較不會產生偏移的情況。
- (2) 在整體的色域範圍擴大。尤其在綠色、青色的色域範圍擴展此情況最為明顯。
- (3) 所有的明度值也有明顯的增加。尤其是在暗部的明度值，有明顯的增加。這樣一來，印刷品的暗部階層表現也會比較良好。
- (4) 在綠色、青色、藍色暗部的地方，其明度值也有明顯的增加。
- (5) 整體的色彩分佈情形在使用奈米材料之後會變的比較均勻。
- (6) 惟本研究所使用僅是碳酸鈣顏料之奈米材料，經由綜合歸納發現，使

用奈米材料取代傳統顏料，對於改善數位影像輸出用紙之彩色噴墨印刷適性，不但在色彩表現方面，甚至於觀察紙張與印墨之吸、托墨間之配合關係，皆獲得調整，證實確有相當之強化效果，值得開發拓展應用。建議未來可朝奈米二氧化矽、白土、二氧化鈦、矽土等諸研究方向，後續銜接更進一步探討。

謝誌

本研究承行政院國家科學委員會獎助(計劃編號 NSC:91-2313-B-128-001),及中央銀行所屬中央印製廠提供場地與相關設備,以利實驗進行,在此一併致謝。

參考文獻

- Brooks, D., Davis, D., sklarewitz.,Tauriello., & Tronsin, S. (1993). "Improvement of Inkjet Printer Performance by Modifying Office Papers", Proceedings of Imaging Science & Technology's 46th Annual Conference,pp.9~14.
- Donigian, D. W., Wernett, P. C., McFadden, M. G., & Mckay J. J. (1999). "Inkjet Dye Fixation and Coating Pigment", Tappi J.,82(8),pp.175~182.
- Chapman, D. M., & Davison, G. (1997). "Coating Structure Effects on Inkjet Print Quality", Tappi Coating Conference,pp.73~93.
- Varnell, D.F. (1998). "Paper Properties that Influence Inkjet Printing," Pulp & Paper Canada,99(4),pp.37~42.
- Withiam, M.C., & Huber, J. M. (1996). "Silica Pigment Porosity Effects on Color Inkjet Printability", 12th Int'l. Congress on Advance in Non-Impact Printing Technology Proc.,pp.409~414.
- Adair, P. C. (1999). "Inkjet Coating for Pigmented Inks, Recent Progress in Inkjet Technologies II", Virginia, Society for Imaging Science and Technology,pp.349~352.
- Huang, T.and Lepoutre, P. (1998). "Effect of Base Stock Surface Structure and Chemistry on Coating Holdout for Coated Paper Properties", Tappi J.,81(8),p.145.
- Ineke Malsch(1999). "Nanotechnology in Europe: Scientific Trends and Organizational Dynamics,Nanotechnology", Vol.10,pp.1~7.
- 尹邦耀編著(2002). "奈米時代", 五南圖書出版, pp.129~130
- 彭元興(2001). "微米/奈米級無機材料在製漿造紙的應用", 漿紙技術 5(2), pp.67~72

- Patti Williams (2003). "Growth in the Forecast for Wide Format Graphics.", Digital Output, pp.12~14
- Fuji- Keizai USA Inc.(2001). "Nanotechnology R&D and Commercial Implications Technologies, Opportunities and Market, 2001-2005," Fuji-Keizai USA Inc., pp.23~24
- WTEC (1999). "Panel Report on Nanostructure Science and Technology: R&D Status and Trends in Nanoparticles, Nanostructured Materials, and Nanodevices ", A U.S. National Report
14. K. Eric Drexler and Chris Peterson (1993). "Unbounding the Future: The Nanotechnology Revolution", N.Y. Gayle Pergamit Quill Books, P/B , pp.23~24 (first published in hardback in 1991)
15. R. Stanley Williams (1999). "Industrial Revolutions in the 21st Century", Physicsweb, p.417
16. R.W. Hagemeyer (1976). Paper Coating Pigments , TAPPI Press, p.95.
17. Yuan, Shengmei, Sargent, S., Rundus, J., Jones, N., & Khanh, N. (1997). "The Development of Receiving Coatings for Inkjet Imaging Applications", 13th Int'l. Congress on Advances in Non-Impact Printing Technologies Proc., P.413
18. Jay Van Wagner, Domtar Cornwall, Paper (2001). "Innovation Ramps Up with Nano-Chemistry", Pulp & Paper Canada, 102(1), pp.50~52

表 3.實驗所使用之原紙與基重

| 種類 | | 基重(g/m ²) |
|------|----------------------|-----------------------|
| 未塗佈紙 | A3 未塗佈原紙(A 紙廠提供之半成品) | 110.704 |
| | A3 未塗佈原紙(B 紙廠提供之半成品) | 101.806 |

表 4. 塗料代號：S-20-M-0

| 種類 | 成份 | 固形份 | 添加比例 | 添加量(g) |
|-----------|-----------|--------|-------|--------|
| 顏料 | 矽土 | 94.29 | 20.00 | 31.81 |
| | 絹雲母 | 98.43 | 0.00 | 0.00 |
| | HC-90 碳酸鈣 | 75.00 | 80.00 | 159.97 |
| 接著劑 | PVPK-20 | 90.00 | 10.00 | 16.66 |
| 添加劑 | 消泡劑 | 100.00 | 0.02 | 0.03 |
| 水 | | | | 91.52 |
| 合計 | | | | 300 |
| 第一階段最低固形份 | | | 52.94 | |
| 理論固形份 | | | 55 | |
| 調配塗料之固形份 | | | 56 | |

表 5.塗料代號：S-15-M-5

| 種類 | 成份 | 固形份 | 添加比例 | 添加量(g) |
|-----------|-----------|--------|-------|--------|
| 顏料 | 矽土 | 94.29 | 15.00 | 23.86 |
| | 絹雲母 | 98.43 | 5.00 | 7.62 |
| | HC-90 碳酸鈣 | 75.00 | 80.00 | 159.97 |
| 接著劑 | PVPK-20 | 90.00 | 10.00 | 16.66 |
| 添加劑 | 消泡劑 | 100.00 | 0.02 | 0.03 |
| 水 | | | | 91.86 |
| 合計 | | | | 300 |
| 第一階段最低固形份 | | | 52.94 | |
| 理論固形份 | | | 55 | |
| 調配塗料之固形份 | | | 56 | |

表 6.塗料代號：S-10-M-10

| 種類 | 成份 | 固形份 | 添加比例 | 添加量(g) |
|-----------|-----------|--------|-------|--------|
| 顏料 | 矽土 | 94.29 | 10.00 | 15.91 |
| | 絹雲母 | 98.43 | 10.00 | 15.24 |
| | HC-90 碳酸鈣 | 75.00 | 80.00 | 159.97 |
| 接著劑 | PVPK-20 | 90.00 | 10.00 | 16.66 |
| 添加劑 | 消泡劑 | 100.00 | 0.02 | 0.03 |
| 水 | | | | 92.19 |
| 合計 | | | | 300 |
| 第一階段最低固形份 | | | 52.94 | |
| 理論固形份 | | | 55 | |
| 調配塗料之固形份 | | | 53.74 | |

表 7.塗料代號：S-5-M-15

| 種類 | 成份 | 固形份 | 添加比例 | 添加量(g) |
|-----------|-----------|--------|-------|--------|
| 顏料 | 矽土 | 94.29 | 5.00 | 7.95 |
| | 絹雲母 | 98.43 | 15.00 | 22.85 |
| | HC-90 碳酸鈣 | 75.00 | 80.00 | 159.97 |
| 接著劑 | PVPK-20 | 90.00 | 10.00 | 16.66 |
| 添加劑 | 消泡劑 | 100.00 | 0.02 | 0.03 |
| 水 | | | | 92.53 |
| 合計 | | | | 300 |
| 第一階段最低固形份 | | | 52.94 | |
| 理論固形份 | | | 55 | |
| 調配塗料之固形份 | | | 55.46 | |

表 8.塗料代號：S-0-M-20

| 種類 | 成份 | 固形份 | 添加比例 | 添加量(g) |
|-----------|-----------|--------|-------|--------|
| 顏料 | 矽土 | 94.29 | 0.00 | 0.00 |
| | 絹雲母 | 98.43 | 20.00 | 30.47 |
| | HC-90 碳酸鈣 | 75.00 | 80.00 | 159.97 |
| 接著劑 | PVPK-20 | 90.00 | 10.00 | 16.66 |
| 添加劑 | 消泡劑 | 100.00 | 0.02 | 0.03 |
| 水 | | | | 92.86 |
| 合計 | | | | 300 |
| 第一階段最低固形份 | | | 52.94 | |
| 理論固形份 | | | 55 | |
| 調配塗料之固形份 | | | 55.91 | |

表 9.塗料代號：噴墨 Nano-20

| 種類 | 成份 | 固形份 | 添加比例 | 添加量(g) |
|-----------|----------|--------|-------|--------|
| 顏料 | 矽土 | 29.91 | 0.00 | 0.00 |
| | 絹雲母 | 98.43 | 20.00 | 30.48 |
| | Nano 碳酸鈣 | 74.59 | 80.00 | 160.88 |
| 接著劑 | PVPK-20 | 89.00 | 10.00 | 16.85 |
| 添加劑 | 消泡劑 | 100.00 | 0.02 | 0.03 |
| 水 | | | | 92.86 |
| 合計 | | | | 300 |
| 第一階段最低固形份 | | | 52.94 | |
| 理論固形份 | | | 55 | |
| 調配塗料之固形份 | | | 55.00 | |

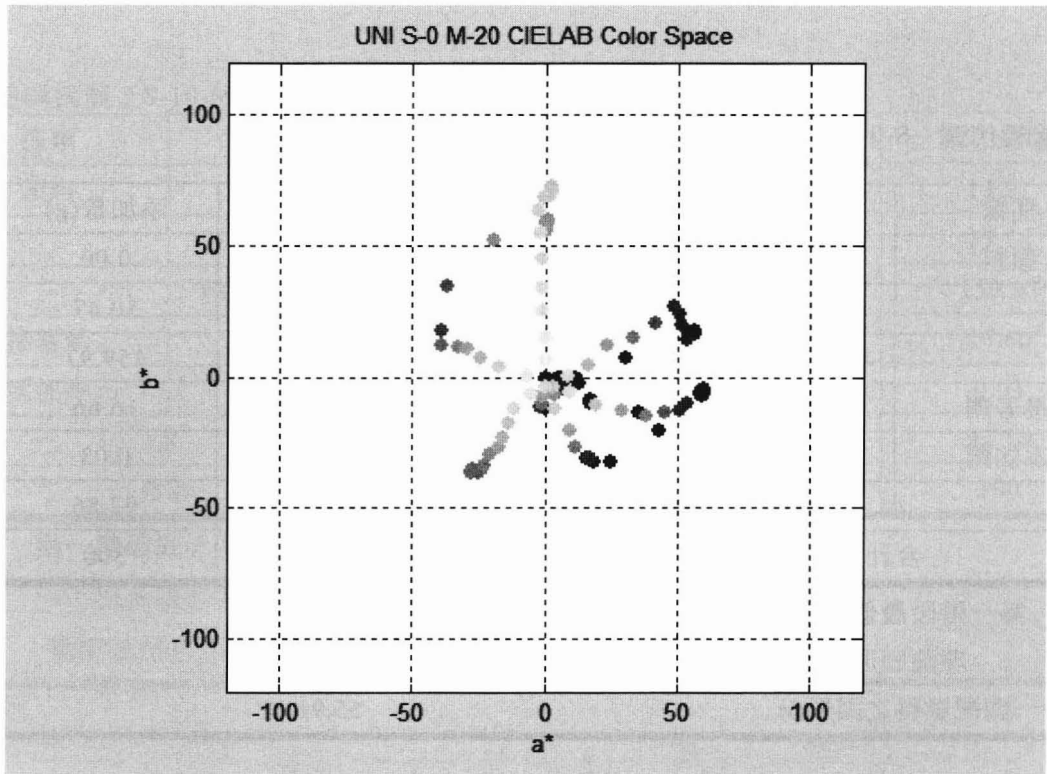


圖 1.塗料代號:S-0-M-20 製作之塗佈紙其色彩表現能力(從 a^*b^* 平面)

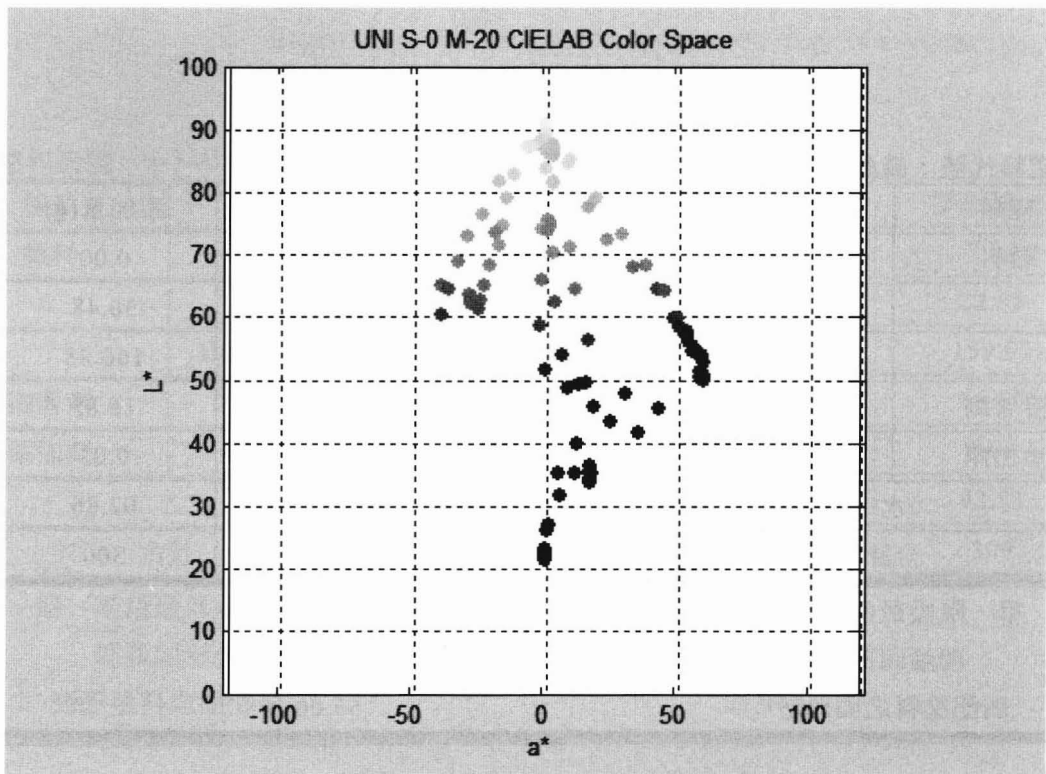


圖 2.塗料代號:S-0-M-20 製作之塗佈紙其色彩表現能力(從 L^*a^* 平面)

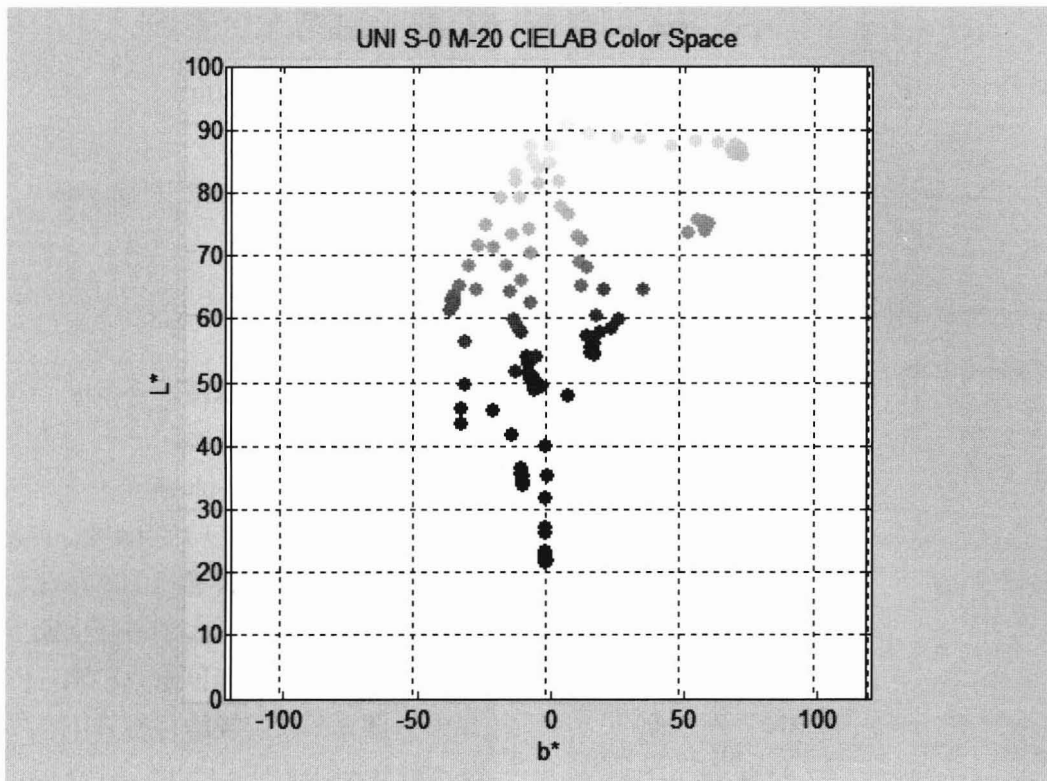


圖 3.塗料代號:S-0-M-20 製作之塗佈紙其色彩表現能力(從 L*b*平面)

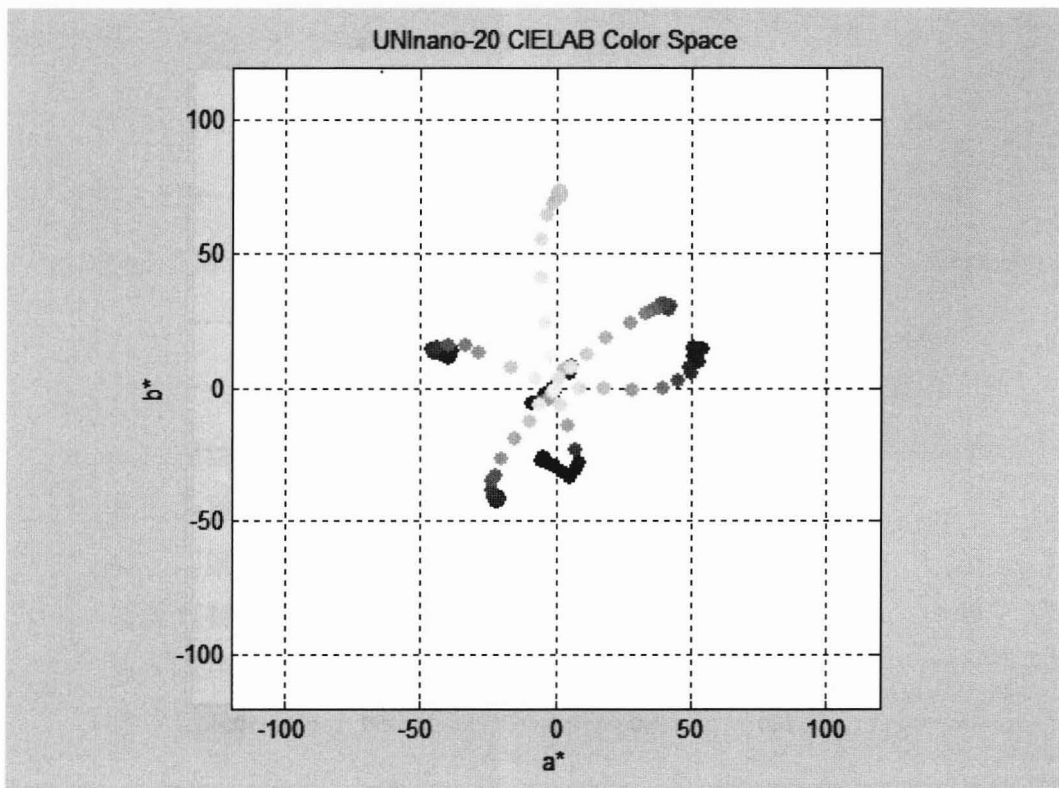


圖 4.塗料代號:噴墨 Nano-20 製作之塗佈紙其色彩表現能力(從 a*b*平面)

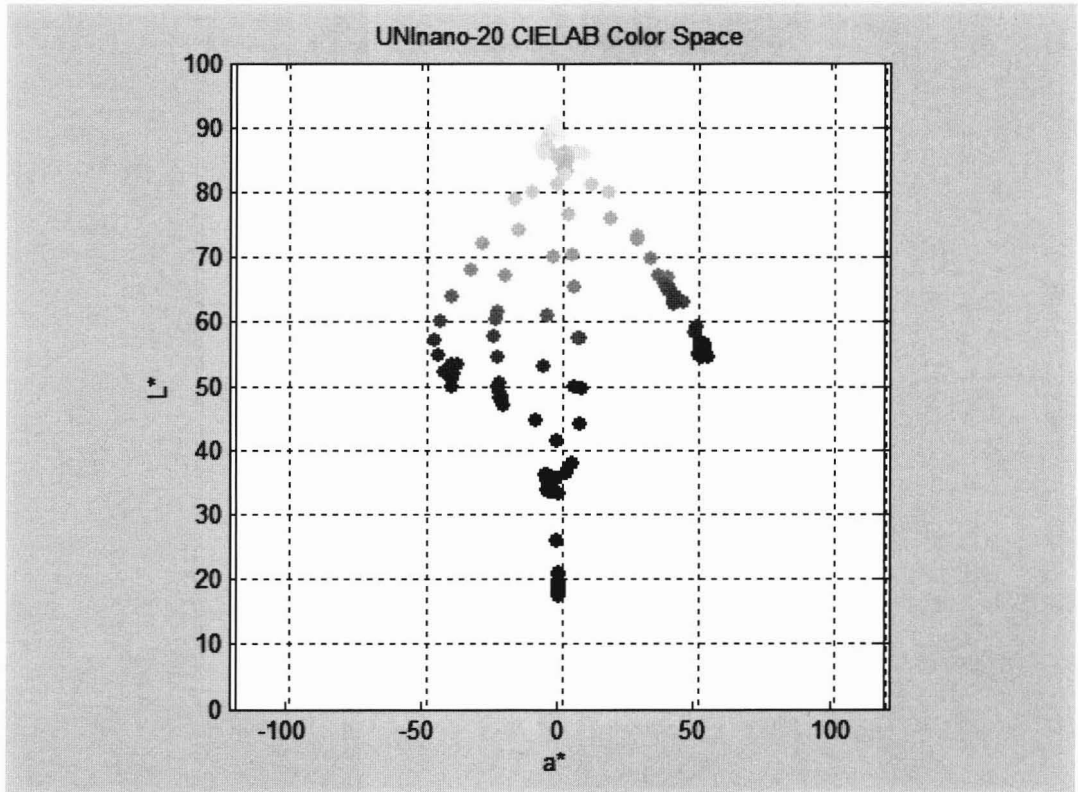


圖 5.塗料代號:噴墨 Nano-20 製作之塗佈紙其色彩表現能力(從 L*a*平面)

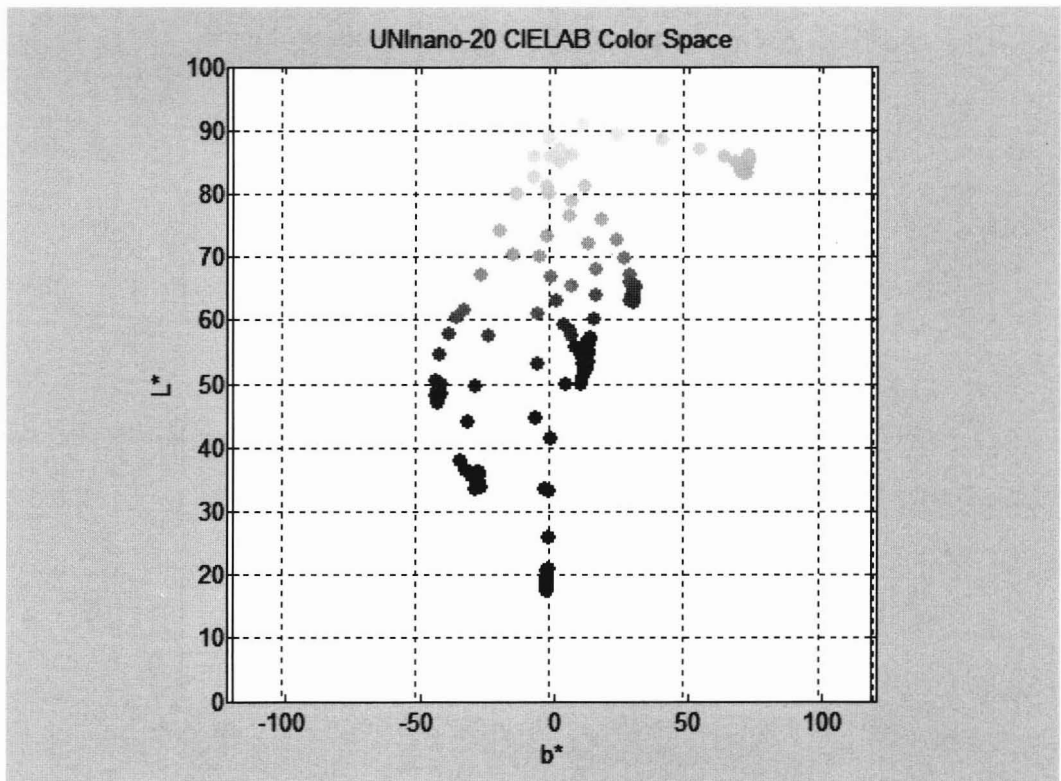


圖 6.塗料代號:噴墨 Nano-20 製作之塗佈紙其色彩表現能力(從 L*b*平面)