

微縮片數位化相關技術規範之研究 —有關中文標準字體文件微縮片 數位化品質標準—

莊謙本 邱鴻鈞

摘要

紙張的使用和保存，對人類具有極大的貢獻。然而由於知識的大量增加，要在有限的空間儲存大量的資訊，微縮片的技術得以應運而生。雖然目前資料的儲存大多以數位化的型態處理，然而紙本與微縮片仍普遍受到圖書館和檔案機關的重視。但在網路時代的數位化潮流中，紙張與微縮片的數位化也是當前一項重要的工作。雖然國內正積極推動多項國家型數位典藏計畫，但數位化的技術規範仍遲遲未能提出國家標準。而在影像品質的要求上，微縮片系統早已有成熟的 CNS 國家標準。本文即利用微縮片技術上的影像品質標準，來探討微縮片數位化的相關技術規範。

一、前言

雖然微縮片的應用已經將近一百年，但其製作流程一直是較為封閉，僅有極少數的微縮工作人員才會接觸。作為數位典藏化工作者，若也能瞭解微縮片在影

關鍵詞 (Keywords)：微縮片；數位化；影像品質

Microfilm；Digital；Image Quality

莊謙本：國立臺灣師範大學工業教育研究所教授；E-mail: chuang@cc.ntnu.edu.tw

邱鴻鈞：國家圖書館總務組技士；E-mail: chj@msg.ncl.edu.tw

像品質的要求特性，必定對於微縮片數位化的典藏技術有更大的助益。

歷來，微縮片的製作已有一套成熟的技術和檢驗標準，其製作流程：從文件拍攝、沖片到微縮片完成，經過品質檢驗合格後再拷貝第二代提供使用。微縮片主要分為捲狀和片狀二種，其中以捲狀的微縮片較適合數位化，分為寬 35mm 長 100 呎及寬 16mm 長 100 呎二種微縮捲片，目前 16mm 及 35mm 微縮捲片均可達到快速數位化的目的。

由於數位化技術日新月異，其製作流程已逐漸加快：從文件掃描到儲存光碟片，經過檢驗後再拷貝第二代光碟提供使用。此外，隨著資訊科技的發展，光碟片的容量越來越大，目前較常用為 650MB 的 CD 光碟片及 4.7GB 的 DVD 光碟片二種。因為數位化的檔案都非常大，雖然 DVD 光碟片的標準規格尚未統一，相容性及穩定度仍受質疑，但基於容量因素的考量，4.7GB 的 DVD 光碟片仍是目前數位保存的主要儲存媒體之一。

本文在微縮技術及數位化相關技術上先分別探討，然後就微縮技術在影像品質中最重要的解像率做詳細說明，並進一步以實驗方式找出數位化解析度與微縮解像率標準的關係，同時由中文字體的高度判斷出所需掃描的解析度，以作為日後文件數位化規範的參考標準。

二、影響微縮製作品質之重要因素

鹵化銀微縮片是唯一被承認可以永久保存的軟片材質^[1]，其構造具有一層片基（或者稱為支撐層），在片基上均勻塗上一層感光藥膜，此種藥膜是一種對光線敏感的鹵化銀結晶膠質，當它被曝光時，藥膜面上的鹵化銀結晶，即產生化學反應，而變成潛在的影像粒子。然後經過顯影、定影、清水沖洗及乾燥的程序後，使銀離子還原成銀元素。由於影像密度大小取決於曝光的程度，曝光越多密度就越大，未顯影的部分就形成透明，如此將拍攝的影像呈現出灰階的效果。而影響微縮片影像品質的三個最重要條件為解像率、密度及反差，分別探討如下：

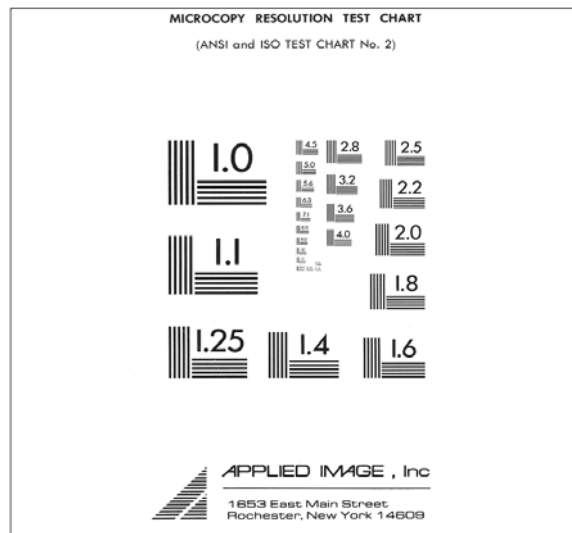
（一）解像率（Resolution）

相似於解析度，即微縮片中影像最細緻的部分，在放大閱讀時仍能清晰分辨的程度，表示方法常用一厘米中最多能分辨的線條數目來決定（單位為：線

[1] 吳相鏞，《微縮技術學》（臺北市：淑馨，1992），頁 22-23。

/mm)。在微縮系統的領域中，解像率代表微縮片影像的清晰度。

解像率的測定方法有數種，其中最簡單且最常用的，在微縮片開頭就將解像率測試卡攝入軟片內，經沖片完成後再以顯微鏡觀察，分辨出最高而清晰的線條數目。使用於微縮片的解像率測試卡，種類甚多，但最簡便且常使用者為美國國家標準局所製定的國際標準組織二號解像率測試卡（又稱 1010 卡）。^[2]每張卡內容含有 26 組圖案線條的空間頻率，其大小排列為 1.0、1.1、1.25、1.4、1.6、1.8、2.0、2.2、2.5、2.8、3.2、3.6、4.0、4.5、5.0、5.6、6.3、7.1、8.0、9.0、10、11、12.5、14、16、18 等，其單位為線條數目/mm，如圖一所示：



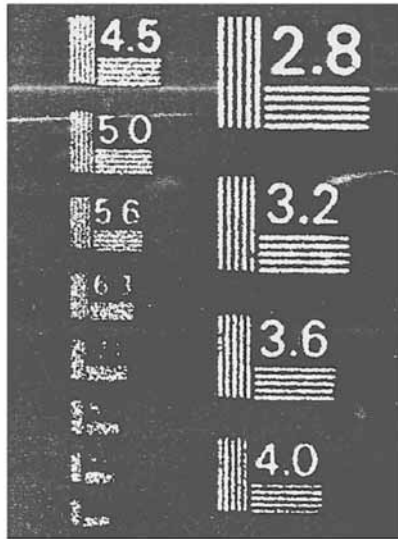
圖一：美國國家標準局的二號解像率測試卡

一般微縮片要求檢驗解像率為 120 線以上（中文字以 150 線為標準），代表原件資料縮小倍率與解像率測試卡清晰的空間頻率的乘積，其公式如下：

$$\text{縮小倍率} \times \text{測試卡空間頻率} > 120 \text{ 線條數目/mm}$$

^[2] CNS 13720，國際標準組織二號解像率測試卡—結構與應用。

舉例：以縮小倍率為 24 倍，經顯微鏡觀察微縮片上的解像率測試卡，其清晰的空間頻率為 5.6 時（如圖二），即為 $24 \times 5.6=134.4$ 線條數目/mm。表示符合檢驗解像率要求標準。



圖二：微縮片上的解像率測試卡

(二) 密度 (Density)

相當於濃度，指軟片上黑色程度的表示法，當光線照射於軟片上，其穿透過軟片的光度，必定有相當程度的降低，其穿透之程度以 T 表示之：

$$T = \frac{\text{穿透光線之強度}}{\text{照射光線之強度}}$$

一般密度計算的表示法以 D 表示之，再將 T 取對數值：

$$D = \text{Log}_{10} \frac{1}{T}$$

即光線照射於軟片上的強度與穿透軟片後光線的強度比，取其 10 為底的對數值來表示，如果一軟片的密度為 1.0，即是照射在軟片上的光線有 1/10 可以穿透軟片，如果密度為 2.0 即是照射在軟片上的光線有 1/100 可以穿透軟片密度。

(三) 反差 (Contrast)

亦常稱對比，指微縮影像中最高密度與最低密度之差，軟片未曝光的透光部分，密度值不得超過 0.16，而密度最高的黑色部分，應較透光部分密度最少高出 1.15，其公式如下：

$$\text{黑色最高密度} - \text{透光最小密度} > 1.15$$

各種軟片依用途有不同的反差效果，由反差坡度 γ 值決定，其公式如下：

$$\gamma = \frac{\text{完成軟片密度}}{\text{曝光量的對數}}$$

軟片顯影的密度受反差效果的影響，若是一個具有 γ 值為 1 的軟片，代表不改變原始資料的對比，就適用於複製第二代軟片上。但由於高反差的影像比低反差影像可提供較好的清晰度，所以微縮軟片屬於次高反差的軟片，一般使用的各型軟片其 γ 適當值如下：

消費者一般軟片	0.5 ~ 0.75
複製用軟片	1.0 ~ 1.75
微縮軟片	2.0 ~ 3.0
X 光軟片	大於 3.0
印刷製版用軟片	大於 4.0

X 光軟片是高反差類，是爲了可以在 X 光攝影中具有較佳捕捉淡薄影像的能力。印刷製版也是高反差軟片，因爲需要產生高反差網點組織的圖案，用來作爲印刷版。

三、影響數位掃描品質之重要因素

一般來說，掃描器的工作是先將光線照射在待掃描的不透明文件上，如照片、印刷品等，然後文件上不同深淺顏色的部份分別反射出不同強度的光，再利

用感光的電荷耦合元件 (CCD)，將不同強度的反射光轉換成由 1 和 0 數字表示的數位資料。因為微縮片是屬於透明文件，所以係利用光罩原理，其轉換數位資料是看穿透光而非反射光。因此，影響微縮片掃描品質的關鍵因素，包括掃描解析度、分辨明暗度及儲存檔案格式等，以下分別探討：

(一) 解析度

解析度代表影像的細緻程度，其單位為 dpi (Dots Per Inch，每一英寸長度內所含有影像像素的數目)，dpi 的數值越大，代表掃描的解析度越高，換句話說就是掃描器的光線感應器擷取稿件反射光的細節越細緻，影像的像素數目越多，品質越好，但是相對的，圖檔也會越大；就操作上而言，高解析度的掃描工作，需要更長的掃描時間，也需要使用更多電腦的記憶體或硬碟空間。

(二) 明暗度範圍

黑白影像的品質取決於掃描器分辨明暗度的能力，而明暗度就是一般所稱的濃度。所謂濃度 3.0 的反射稿，表示其反射光是入射光量的 1/1000 (2.0 則表示 1/100)。而所謂可分辨最高濃度到 3.0 則表示對於只有反射 1/1000 入射光的影像，掃描器還能分辨。而微縮片則是屬於透明文件，濃度以穿透光與入射光的比值來表示。一般而言，非透明文件由於反射作用，分辨明暗較難達到 2.0 以上，而透明文件，分辨明暗能力則可達 3.0 以上。所以掃描器分辨明暗的能力也是影響品質重要的關鍵。^[3]

(三) 儲存檔案格式

目前國內外數位化轉製原始資料影像規格，都會利用三種不同的影像格式加以儲存，包括資料永久保存格式、網路下載格式及預覽影像格式。^[4]

1. 資料永久保存格式

指不經壓縮的 TIFF 格式影像檔，提供作為將來影像重製之母件來源，同時作為永久保存之用。這類影像由於儲存量龐大，多半只提供研究者對資料原件實體深入研究或是提供出版者作為出版之用。色調 (Tonal Depth)：黑白、灰階影像 8 bits per pixel 或彩色影像 24 bits per pixel 格式；解析度：300~600dpi 或更高 (一般印刷品可採 300dpi)。

^[3] 王俊升，〈高解析度彩色掃描器技術〉，《光學工程》，49 (1995.3)，頁 40-42。

^[4] 國家圖書館，「資料數位化與命名原則規範」，(2001.10)。

2. 網路下載格式

指利用 JPEG 壓縮格式儲存的影像檔，提供使用者網路上觀看及列印之用。色調 (Tonal Depth)：黑白、灰階影像 8 bits per pixel 或彩色影像 24 bits per pixel；影像壓縮比約為 10：1；解析度：150~300dpi。

3. 預覽影像格式

為小型 GIF 格式的檔案，與書目記錄同時出現於瀏覽畫面上，方便使用者能夠藉此判斷是否需要檢視更高品質的影像檔案。色調 (Tonal Depth)：8 bits per pixel；GIF 本身就已是壓縮檔畫面；解析度：72dpi。

四、文件資料微縮片之解像率探討

1938 年美國國家標準局的雷蒙達維斯 (Raymond Davis) 和米諾杜蘭德 (Milo Durand) 二位先生首先發現，在微縮化的發展過程中，當一個微縮片上字母 e 不能辨認時，只要將其解像率提高三個等級，字母就可清晰辨認了。藉此發展出品質指標公式，並將其繪製成圖表，經過實驗證實其正確性後予以推廣應用至今。^[5]

在英文 e、h、j 等字母為標準下，當水平畫線解像率為 3 條時字母辨認差，水平畫線解像率為 5 條時字母可辨認，水平畫線解像率為 8 條時字母就可清晰辨認。所以將影像的解像率分為三種不同的品質標準 (簡稱為 qi)：qi=3.6 時為最低品質，qi=5.0 時為允收品質，qi=8.0 時為優良品質，也就是當字母高度為 1mm 時，微縮解像率 5.0 線/mm 為可以辨識品質，以此類推當字母高度為 2mm 時，則解像率 2.5 線/mm 為可以辨識品質。

中文字母在筆畫上較英文字母多，當然解像率要求就相對提高，已故的國家圖書館縮影顧問吳相鏞先生在其論著中^[6]，根據日本東大物理學教授小穴純博士的理論，並親自實驗得出了結論「拍攝中文資料時，應將歐美規格要求解像率乘 1.6 倍，做為含有中文漢字資料拍攝微縮所需具備的解像率」，也就是中文字在 qi=5.6 時為最低品質，qi=8.0 時為允收品質，qi=12.5 時為優良品質，就是當字母高度為 1mm 時，微縮解像率 8.0 線/mm 為可以辨識品質，以此類推當字母高度為 2mm 時，則解像率 4.0 線/mm 為可以辨識品質。

[5] 同註 1，頁 324-325。

[6] 同註 1，頁 399。

在中文字裏「黃」字水平畫線解像率 8 條，「量」字水平畫線解像率 9 條，但有少數的「麝」「鸞」「鬢」等字水平畫線解像率都需超過 10 條以上才能辨認。所幸中文的認知是一種對圖像的知覺，並非僅以辨別一筆一劃為依據，其間佔極大之比例是靠字形組合構造、前後文聯想、語意直覺、使用習慣等因素，在觸目的一剎那，就已經決定是否認識該字^[7]，所以中文字母水平畫線解像率 8 條時就足以辨識了。

五、數位化解析度與微縮解像率間的轉換

若以微縮標準之解像率測試卡進行掃描實驗，以灰階 256 階（8 位元），依序設定 100dpi、200dpi、300dpi、400dpi、500dpi、600dpi、700dpi、800dpi、900dpi、1000dpi、1100dpi、1200dpi、1300dpi、1400dpi、1500dpi 等 15 種解析度掃描並以 TIFF 檔儲存，再使用 Microsoft Photo Editor 軟體檢視得出結果如表一：

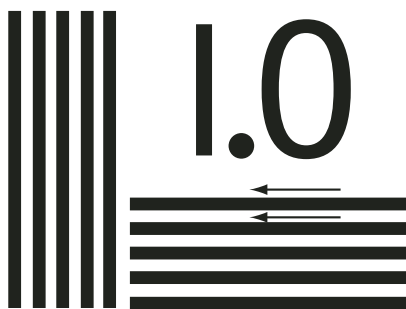
表一：微縮片數位化掃描的轉換參數

掃描解析度 dpi	可辨識空間頻率 (線/mm)	轉換參數 ψ
100	1.4	2.81
200	2.8	2.81
300	4.0	2.95
400	5.6	2.81
500	7.1	2.77
600	8.0	2.95
700	9.0	3.06
800	11.0	2.86
900	12.5	2.83
1000	14.0	2.81
1100	16.0	2.70
1200	16.0	2.95
1300	16.0	3.19
1400	18.0	3.06
1500	18.0	3.28

^[7] 金臺寶，〈關於 CNS-12807「文件及圖面微縮片品質要求標準」中 3.4 節解像率之研議〉，《檔案與微縮》，42 (1996.9)，頁 34-45。

將解析度 dpi 除以 25.4，再除以可辨識空間頻率就可得到轉換參數，其單位為 dp/mm（每 mm 點數），例如表中 $300\text{dpi} \div 25.4 \div 4$ ，就可得出轉換參數為 2.95。如此一一計算，就可得到表中所有轉換參數的平均值為 2.92。

而轉換參數 ψ 的幾何意義：分辨一組黑白線約需三個掃描像素。如圖三所示：



圖三：分辨一條線約需三個掃描像素

當微縮片內攝有解像率標準測試卡，並經顯微鏡辨識出最高而清晰的空間頻率時，其值代表微縮片的解像率，再藉由微縮解像率 \times 轉換參數 $\psi \times 25.4$ ，可以得出相同解像率所需的數位掃描解析度。而目前微縮的縮小倍率與解像率之關係訂有國家標準如表二：^[8]

表二：微縮片的縮小倍率與中、英文解像率之關係

縮小倍率	拉丁語系 (英文)	中文語系
36X	4.0	
30X	4.5	
24X	5.0	6.3
20X	5.6	6.3
16X	7.1	8.0
12X	9.0	10.0
10X	10.0	12.5

^[8] CNS 12807，微縮品製作—文件及圖面微縮軟片品質之要求。

當中文原件以縮小倍率 24X 拍攝的微縮片，其合格的解像率為 6.3 線/mm。若要將其數位化且要得到相同於微縮片的品質標準，則解析度 dpi 設定值需為： $6.3 \times 25.4 \times 2.92 = 467\text{dpi}$ （若以微縮片掃描時需還原縮小倍數，即掃描器實際的解析度設定值為 $467\text{dpi} \times 24$ ）。

目前微縮片數位化的品質還沒有訂定國家標準規範，以考量使用設備、儲存容量等因素，國家圖書館進行中的各項數位化典藏計畫，解析度均設定為 300dpi，其檢查標準也是以印表機在 300 dpi 解析度下所印出之原件影像為判斷依據。

若要提高解析度設定為 600dpi（約 8.0 線/mm 解像率）時，儲存檔案大小增為 4 倍；設定為 900dpi（約 12.5 線/mm 解像率）時，儲存檔案則將增為 9 倍。所以微縮片數位化掃描時，不僅依據微縮片的解像率品質，也能一併考量原始文件的文字高度，以設定最適合的掃描解析度。

六、藉由微縮解像率品質探討出中文文字高度與數位解析度之關連

由前面探討得知，中文字在品質 8.0 時為可以辨識品質，所以 1mm 高度的中文字所需解像率為 8.0 線/mm，2mm 高度的中文字所需解像率為 4.0 線/mm，並經由上一節實驗結果得出表三的關係圖及表四的對照表。

表三：中文字高度、可辨識解像率與所需解析度的關係

中文字高度	可辨識解像率(線/mm)	所需解析度(dpi)	備註
0.5mm	16.0	1200	
1mm	8.0	600	
1.5mm	5.6	400	
2mm	4.0	300	
3mm	2.8	200	
4mm	2.0	150	$2.0 \times 25.4 \times 2.92$
6mm	1.4	100	

表四：微軟 office 文字號數與文字高度的對照表

文字號數	中文字高度	解像率 (線/mm)	所需解析度 (dpi)
3 號、4 號	約 1.0mm	8.0	600
5 號、6 號	約 1.5mm	5.6	400
7 號、8 號	約 2.0mm	4.0	300
10 號、11 號	約 3.0mm	2.8	200
13 號、14 號	約 4.0mm	2.0	150
20 號	約 6.0mm	1.4	100

一般報刊字體高度大多在 2 mm 以上，所以數位化規格對於印刷品掃描解析度訂為 300dpi 已經足夠。但以微縮解像率可達到 12.5 線/mm 的品質標準，相對於數位化解析度為 900dpi，確實是目前報刊數位化規格以 300dpi 掃描所不及的。

七、結 論

微縮片是具有高解像率的儲存媒體，而目前國內進行中的數位典藏計畫，因受限於儲存媒體空間及使用速度等考量因素，各機關以能接受的解析度來訂定個別規範。由本文的探討得知，在微縮技術上解像率 4.0 線/mm 是低品質影像，但也已經達到 300dpi 的數位掃描標準了。由此得知，必須以更高的解析度進行掃描，才能達到與微縮片相同的解像率。

本文不僅提供了微縮片解像率與數位化解析度的轉換參數，對於中文標準字體文件的掃描文件，提供了文字高度與掃描解析度的參考依據。但對於工程圖、手稿等非標準字體的文件，將來以文件內容的線條粗細進一步研究出參考標準，以便在節省儲存空間、時間及金錢方面，提供微縮片及各式文件最佳數位化的規範依據。而對於中文彩色文件先微縮再數位化時應該檢驗的課題，也是日後應該加以討論的項目。

參考文獻

1. Chapman, Stephen, Paul Conway, and Anne R. Kenney. Digital Imaging and preservation Microfilm: The Future of the Hybrid Approach for the Preservation of Brittle Books. Washington, DC: Council on Library and Information Resources, [1999].
2. Weber, Hartmut, and Marianne Dorr, Digitization as a Method of Preservation? Final Report of the Working Group of the Deutsche Forschungsgemeinschaft (German Research Association). Washington, DC: Commission on Preservation and Access, [1997] (www.clir.org/pubs/reports/digpres/digpres.html).
3. 宋惠雲，〈從縮攝到掃描-行政院檔案數位化之研討〉，《檔案季刊》(民 92 年 3 月)，頁 94-109。
4. 莊樹華，〈檔案數位影像之流程與管理〉，《檔案季刊》(民 92 年 3 月)，頁 94-109。
5. 檔案管理局，「電子媒體類檔案管理制度及保存計數之研究」，(民 91 年 12 月)。
6. 王揮雄，〈荷蘭電子檔案管理現況〉，《檔案季刊》(民 91 年 6 月)，頁 94-109。
7. 洪淑芬，〈典藏數位化的實務與技術〉，《國家圖書館館刊》(民 91 年 6 月)，頁 79-115。
8. 林淑芬、宋美珍，〈期刊報紙數位化問題淺探〉，《國家圖書館館刊》(民 91 年 6 月)，頁 197-21。
9. 陳立原，〈多媒體檔案管理〉，《國家圖書館館刊》(民 91 年 6 月)，頁 215-236。
10. 宋惠雲、江守田，〈微縮技術在檔案法中的專業定位〉，《檔案與微縮》(民 88 年 12 月)，頁 17-20。
11. 藍偉仁，〈數位影像的解析度與影像品質之關係〉，《華岡印刷傳播學報》(民 87 年)，頁 107-120。
12. 蔡明樺，〈標準化與 CNS 之微縮標準概述〉，《檔案與微縮》(民 89 年 3 月)，頁 37-41。

A Study of the Technical Specification about Digitizing of Microfilm: Quality Standard of the Digitizing of Microfilm about Chinese Standard Font

Chien-pen Chuang Horng-jiun Chiou

Abstract

Paper has been recognized as a useful media for recording human civilization activities from ancient time. But for the fast increasing of knowledge, microfilm was developed to save mass information with limited memory space. However, in the trends of digitization of current data storage technology, traditional paper-based storage and microfilm-based storage are still regarded as an important media for libraries and document archives agencies. Since the digitization of paper and microfilm data is getting popular, the skill specification of digitization standards is urgent for implementing national digital archives programs. This paper discussed the skill specifica-

Keywords (關鍵詞) : Microfilm ; Digital ; Image Quality
微縮片 ; 數位化 ; 影像品質

Chien-pen Chuang : Professor, National Taiwan Normal University Department of Industrial Education ; E-mail : chuang@cc.ntnu.edu.tw

Horng-jiun Chiou : Assistant Technical Specialist, General Affairs Division, National Central Library, R.O.C. ; E-mail : chj@msg.ncl.edu.tw

tion of digitized microfilm image according to the microfilm image quality standard which is based on the current CNS standard. The results of this paper can be used as reference for setting up specification of digitized microfilm data.