2017數位修復手冊

數位修復論述與經驗

4 **序**

7 **第一章　數位修復論述**

電影修復的門檻：何時該消除畫面顆粒？

電影修復倫理與「原作」的定義

35 **第二章　數位修復技術報告**

《山中傳奇》數位修復技術報告

《台製新聞片第 0002 號》數位修復技術報告

《上山》數位修復技術報告

87 **第三章　國際經驗**

捷克電影資料館數位修復計畫與上映策略

瑞典電影中心類比與數位電影資料共存典藏策略

電影膠片黴菌爭霸戰

序

2017 年對國家電影中心的數位修復團隊而言，是特別的一年。

練兵多時，國家電影中心自主修復完成的、陳耀圻導演 1966 年紀錄片作品《上山》與《台製新聞片第 0002 號》，在 9 月份，首度對社會大眾進行成果發表。

國家電影中心與國內唯一電影數位修復技術訓練的高等教育機構，臺南藝術大學音像紀錄與維護研究所師生，合作修復林摶秋導演重要台語片作品《丈夫的秘密》（又名《錯戀》）（1960），也在 10 月份進行公開放映。

從 2008 年與國內業界合作數位修復電影《街頭巷尾》（1963，李行導演），2009 年主辦「國際數位修復影展暨國際研討會」，2013 年開啟「台灣經典電影數位修復及加值利用計畫」，國家電影中心對於如何讓經典電影透過當代科技，重新與新世代的觀眾見面，投入大量的物力、人力。一路走來，與國內、外相關單位合作，建置屬於自己的修復團隊和論述方向。2017 年，可以說是集過去數年心血的階段性小結，也預告國家電影中心對於電影數位修復的未來，將有更多的投入，與學術界、產業界，進行更多合作的契機。

國家電影中心將執行數位修復計畫的實驗和研究過程，一本過去的初衷，輯成與譯介在本年度的電影數位修復手冊中，分享給學界與業界先進，乃至於社會大眾。我們期待在這些經驗與對話的過程裡，建立自己的數位修復論述基礎，《上山》、《台製新聞片第 0002 號》與《山中傳奇》的修復報告即是此目的下的論著；而他山之石一直是國影中心學習和砥礪的範本，

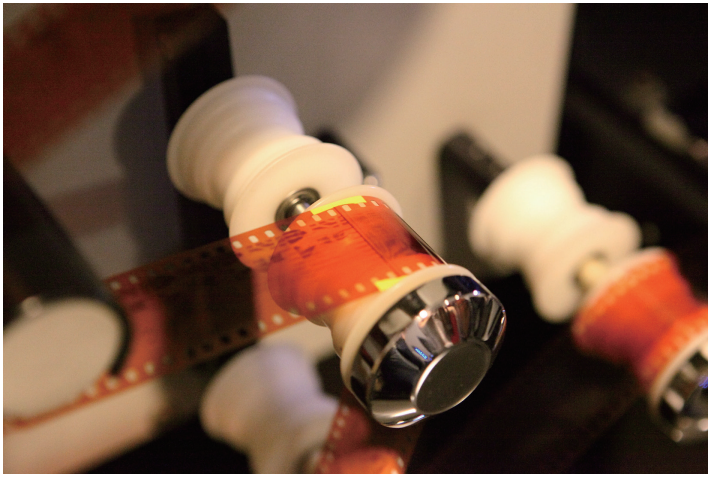
捷克與瑞典電影資料館的數位化和數位修復現況，是為現階段國影中心思考的方向之一。幾篇對於修復倫理和規範的討論，則是我們認為電影數位修復在技術層面之外，必須建立更為深刻的「論述」的思考。

我個人相信，電影的數位修復技術終將一日千里，現今技術密集的作業模式在可預見的未來將不復見。然而，借用廣告語：「科技始終來自人性」，電影修復團隊們的思考和對話，永遠是經典電影得以與後來的觀眾見面，重新灌注其新靈魂的重要關鍵。

國家電影中心執行長

陳萬全

第二章 數位修復技術報告



作者：蔡孟均，國家電影中心數位修復組科技專員

影片基本資料

《遣送日俘日僑歸國》（片長3.4分）《台灣省警備總司令部及日僑管理委員會歡送駐台盟軍》（片長1.5分）《台灣省參議會第一屆大會成立典禮》（片長2.6分）

1946年／上映日期1946年5月／台灣電影文化公司出品

《台製新聞片第 0002 號》數位修復技術報告

作者：蔡孟均

一、簡介

這個修復案是將本中心館藏中，目前現存最早的台製新聞片，1945 年所拍攝之《台製新聞片第 0002 號》，以 2K 解析度進行掃描及修復，以供後續再利用及典藏使用。2015 年開始準備作業。

透過檢視所有館藏物件狀況後，由整飭端判斷館藏編號 5040102-101 翻底片狀況為最佳及 5040102-201 拷貝片狀況為次佳，並於 2015 年 11 月購入 ARRISCAN 高階掃描機後進行初步掃描，以供細部比較使用。透過檢查和比較兩份素材內容，最後選擇以館藏編號 5040102-101 之翻底片作為後續修復素材。於 2016 年 7 月建立第一套數位修復工作站，並購入修復軟體 DIAMANT-Film Restoration 修復軟體後開啟自主修復能力。於 2016 年底完成此修復案。

此物件並無原始光學或其他聲音素材，目前現存有聲版本，例如 Betacam-SP 版本，因其聲音特性與同時期其他有聲素材不符合，因此在此次修復案中選擇不予修復。

二、工作流程

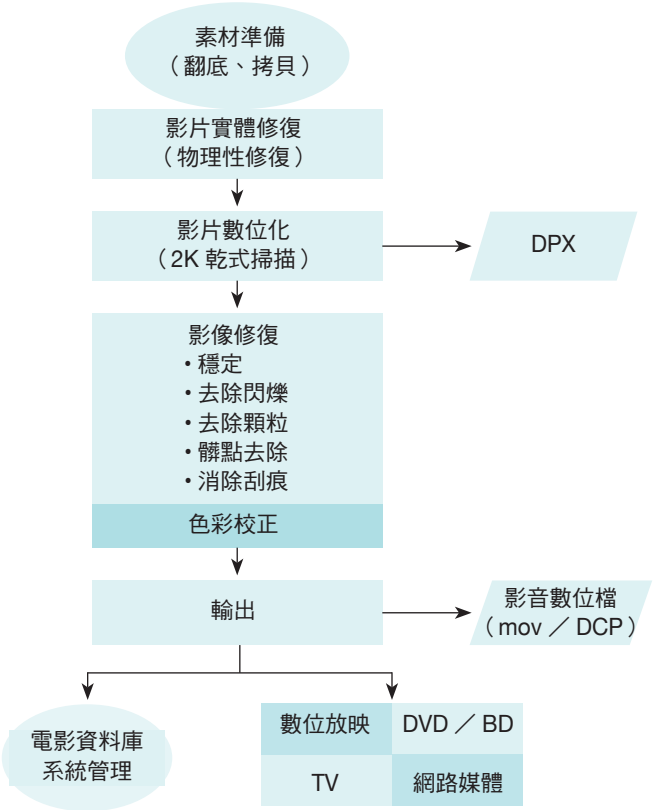


圖 1：《台製新聞片第 0002 號》修復流程圖。

三、掃描

表 1: 版本比較

	拷貝片	翻底片
掃描格式	1880×1413	2540×1015
片長(格)	10965	10968
掃描日期	2016/03/23	2016/04/12

兩份素材每段場景長度基本相同，除翻底片在首段字卡（第 2 號字樣）多一格，及第三段字卡（省參議會成立典禮字樣）多兩格外，主要場景長度並無差異。兩者畫質皆有經過多次翻印的模糊現象，並且主要瑕疵，如髒點刮痕皆類似，代表這些共同缺陷源自於更早期版本的素材。而在未調光掃描檔中，翻底片的畫質優於拷貝片，且對比及畫面細節資訊較豐富，因此選擇以翻底片做為修復素材。

四、數位修復

數位修復初期以穩定及去閃爍為首要目標。由於此次掃描採用含齒孔及畫框線的過掃描（overscan），因此通常搭配 DIAMANT 修復軟體中的 *Stablize*、*StabPinhole* 及 *StabBoarder* 工具進行畫面穩定。穩定後可見部分畫面帶有輕微變形，此次僅採用 *Dwarp* 濾鏡降低變形程度，但如果要求完全消去此類缺陷，則需使用 *Dwarp* 工具逐格調整。穩定後則使用 *DFlickerFlow* 濾鏡減輕閃爍。

由於此影片是為新聞片，因此多為短鏡頭，在第一段《遣送日俘日僑歸國》中，總計約 175 秒的片長中包含 51 顆鏡頭，平均每段鏡頭未達百格，因此有大量鏡頭的首末格需進行接點修復。由於相對於其他畫格，這些接點可供參考資訊較少，因此無法完全修復或產生人為瑕疵（artifacts）的機會也因此大增。通常搭配修復軟體中的 *Splice Repair*、*Repair* 及 *Clone*，三種不同工

圖 2：接點畫格修復前後對照。上：膠帶接點畫格，下：接點破裂畫格。

圖 3：末格破裂畫格修復前後對照。

具進行大範圍修復。更細部的修復可能會使用 *Dust*、*Interplate* 及 *ExInPaint* 工具做細部修補。但此素材部分鏡頭有光號不同步現象，造成畫面亮暗分布不同，以至於沒有參考畫面可供修復。如需解決，則需要先行調光後再修復，或進行全畫面重建。此次修復案中，為保留光號不同步現象，對於此類接頭則不予以修復。

由於這份素材年代久遠，保存條件不佳，因此畫面上累積不少物理損傷及底片變質的現象。再加上為了保存或其他原因，這部影片曾經進行過多次複製。因此需面對許多之前累積及複製時所產生的缺陷。包括外來髒汙造成的黑（正片時期）白（負片時期）髒點；膠卷變質產生的閃爍、沉澱、藥膜剝離及收縮變形造成翻印時的失焦與疊影；膠卷變質後產生酸液造成畫面上的汙漬；不同時期累積的細小刮痕；與剪輯或操作失誤造成的畫格斷裂等現象。

大部分的髒汙與細刮痕可套用修復軟體中的 *Dust* 與 *Scratch* 濾鏡處理。如場景中含有快速動作，則需搭配遮罩以增加工作效率，再以手動搭配 *Dust*、*Interplate*、*ExInPaint* 及 *Scratch* 進行處理。如遇大範圍髒汙，則需搭配 *Repair* 或 *Clone* 進行重建，再進行細部修補。這些缺陷中，其中翻印所造成的疊影，

圖 4：零散髒點修復前後對照圖。

圖 5：髒汙修復前後對照圖。上：大範圍髒汙，下：密集細刮痕。

會在使用 *Dust* 濾鏡時消除，但是考量疊影與失焦是源自於同一代素材的翻印痕跡，而失焦現象無法修復，因此傾向一併保留同源的缺陷。且此疊影與後續回推版本歷史有關，因此最終選擇使用 *HistoryBrush* 工具逐格將之還原。

這份素材有部分缺陷與亮暗有關，分別是光號不同步、對比不足與影片變質造成不規則的亮暗分布。光號不同步現象首次發生於第 18 個鏡頭（貨車下貨），由於此鏡頭原始片段所需光號應較前後鏡頭暗。在翻拍時因光號不同步，會造成此鏡頭由前幾格過亮，逐漸回復至正常亮暗對比，連帶導致下段鏡頭前始數格過暗。另有幾個鏡頭，最嚴重的為第一段最後一個鏡頭（基

圖 6：髒汙修復前後對照圖。上：大範圍刮痕，下：可能為酸液造成藥膜毀損痕跡。

圖 7：畫面下側桌面為膠卷收縮，造成翻印時拉扯畫面，進而產生變形、失焦或疊影。

隆港軍艦），有嚴重對比不足現象，可能原因為翻印時光號錯誤所造成。這兩種缺陷，如果原始資訊充足時可經由調光程序修復後，回復至正常亮度、對比後再套用一般修復程序即可。

其中一種亮暗缺陷與影片變質有關，在第 44 個鏡頭（軍人登艦遠景）中，可見中間數格亮度較前後格暗。逐格檢視可發現該片段有嚴重疊影及失焦，

圖 8：對比不足畫面修復前後對照。

圖 9：影片變質，造成翻印失誤鏡頭，缺陷格與正常畫格比較。

圖 10：光號不同步鏡頭，首格與中段畫格亮度比較。

且個別畫格中，亮暗不均。因此可得知是此缺陷與翻印有關。最佳修復策略會傾向畫格重建。由於此類缺陷與光號不同步類似，都屬於局部時間性的缺陷，且放映效果類似。而試圖修復類似的缺陷，尤其是原始資訊不足時，通常會更動畫面原始細節。相較於對比不足，這類整體時間的缺陷，且保有部分資訊的狀況，不需過度修復。考量這影片為新聞片，應盡量避免修復時更動原始畫面。因此，在此修復案例中，選擇保留光號不同步及翻印造成亮暗異常，但調整了對比不足現象。

在色彩校正時，基本上以拷貝片為參考素材。但此物件經多次翻印，可以確定所含資訊已少於首次沖印拷貝，因此以盡量顯示所有細節為目標。以放映環境為電影院類黑暗空間為前題，套用色彩對照表（LUT）轉為線性色彩後，調整暗部（*Lift*）與中間調（*Gain*），使所有場景亮度介於 0 至 1024 區間。再調整亮部（*Gamma*），使亮部暗對比盡量顯示最多細節。部分對比不足場景，則調整曲線（*Curve*）以強化細節。最後再將整個亮度壓回 0 至 650 間，以符合當時黑白片亮度。

表 2：修復工作摘要

台影新聞 第2輯		第一段	第二段	第三段	輸出	合計
畫格數		4901	2334	3733	10968	10968
Filters（格數）1	*Dflicker*	4979	2334	3733	–	11046
	DflickerFlow	4623	–	–	–	4623
	Dust	11741	3964	6645	–	22350
	DWarp	957	–	123	–	1080
	ExInPaint	170	2941	–	–	3111
	Enhance	4901	2334	3733	–	10968
	Scratch	2726	–	4423	–	7149
	StabBorder	4707	–	–	–	4707
	Stabilize	5022	2334	4153	–	11509
	StabPinhole	343	–	3733	–	4079
	StabROI	188	–	–	–	188
	Transform	223	–	–	–	223
Tools（次數）2	*Clone*	156	14	3	106	279
	Dust	24370	2296	3314	7209	37189
	ExInPaint	3591	904	340	316	5151
	HistoryBrush	23832	7294	4335	41	35502
	Interpolate	1601	295	307	280	2483
	Repair	111	23	103	20	257
	Scratch	5611	1753	1070	166	8600
	Splice Repair	6	15	34	2	57

1. 套用濾鏡的畫格數，同一濾鏡可套用相同畫格大於一次。
2. 使用工具次數。

當該場景有亮度差異時，例如光號不同步場景，則使用正常畫格做為調光素材，保留過亮或過暗部分。部分髒點與汙漬可能於色彩校正後才浮現，因此做完調光後會再進行一輪髒點清理後才輸出。如未來需要在電腦或電視環境下使用，建議可將整體暗部略做提升。

由於此素材經多次複製，畫面已有多數失焦和模糊，另外部分修復程序，如使用 *Interplate* 工具，可能增加畫面模糊程度。因此在進行輸出前會透過 DIAMANT 中的 *GrainSampling* 工具，對影片顆粒進行取樣，再將整部片套用 *Enhance* 濾鏡，重新套用顆粒，並增加銳利度，以減少失焦所造成的模糊感。

五、後記

在修復過程中，可由缺陷分布狀況回推素材歷史。由於膠卷素材為翻底片，可得知，此素材至少為第三或五代膠卷。檢視髒點、修復前後對照圖及前後段落可發現至少有一次正片與一次負片的外來髒汙。由不同片段的細刮痕也可知至少有一次正片與（白）一次負片（黑）刮痕。另一個特徵是翻印所造成的疊影，在含疊影場景中，可見在疊影發生前已有黑、白髒汙。且白色髒汙出現數量遠大於黑色髒汙數量。可能是拷貝翻底後，翻底片開始變質，導致做翻正片時影片狀況已經不佳。

在疊影場景也可見未受影響之髒汙，因此由此回推，此次修復案的翻底極可能是第七代之後的複製品。另外，第一段新聞片段的髒汙主要為外來異

圖 11：異物場景。帽上髒汙疑似昆蟲，及前後片段顯示上方片門持續累積異物。

物、細刮痕及膠卷變質等，第二、三段新聞片段則有類似酸液痕跡與粗刮痕，較少異物髒點。可能在保存狀況或使用歷史上也有不同的故事，尚待未來進一步研究分析。

圖 12：疊影場景。上：中間下方白色變質痕跡亦有疊影，顯示早於翻印前即開始變質。同畫面中變有無疊影之白色髒汙，為翻印後版本之缺陷。中：左下方黑色髒汙有疊影，可能為翻印前變質剝落之藥膜痕跡。畫面右方白色刮痕無疊影，為翻印後產生。下：中間外來黑色髒汙有翻印造成的疊影。

作者：蔡孟均，國家電影中心數位修復組科技專員
張怡蓁，國家電影中心數位修復組影像修復人員

影片基本資料

《上山》片長20分

拍攝於1966年

首映：1967年

導演：陳耀圻

人物：牟敦芾、黃永松、黃貴蓉

監製：李至善

內景訪問攝影：賴成英

《上山》數位修復技術報告

作者：蔡孟均、張怡蓁

一、簡介

這個修復案是將陳耀圻導演捐贈本中心的《上山》（1966）以 2K 解析度進行掃描及修復，以供典藏及後續再利用。此修復案由 2016 年開始準備。此作品於館藏中共有 10 項物件，其中含有五份拷貝及工作拷貝，兩份聲片（一份磁性聲及一份 16mm 光學聲），及四份含 AB Roll 的反底與反正片。由整飭與掃描端判斷後，選擇使用館藏編號 DS-04708 拷貝片做為參考基準及聲音修復之素材，同時對館藏編號 N-009819 反底片、N-009820（AB Roll）、N-009823（反正片）及 N-010426（工作拷貝）進行膠片整飭，並納

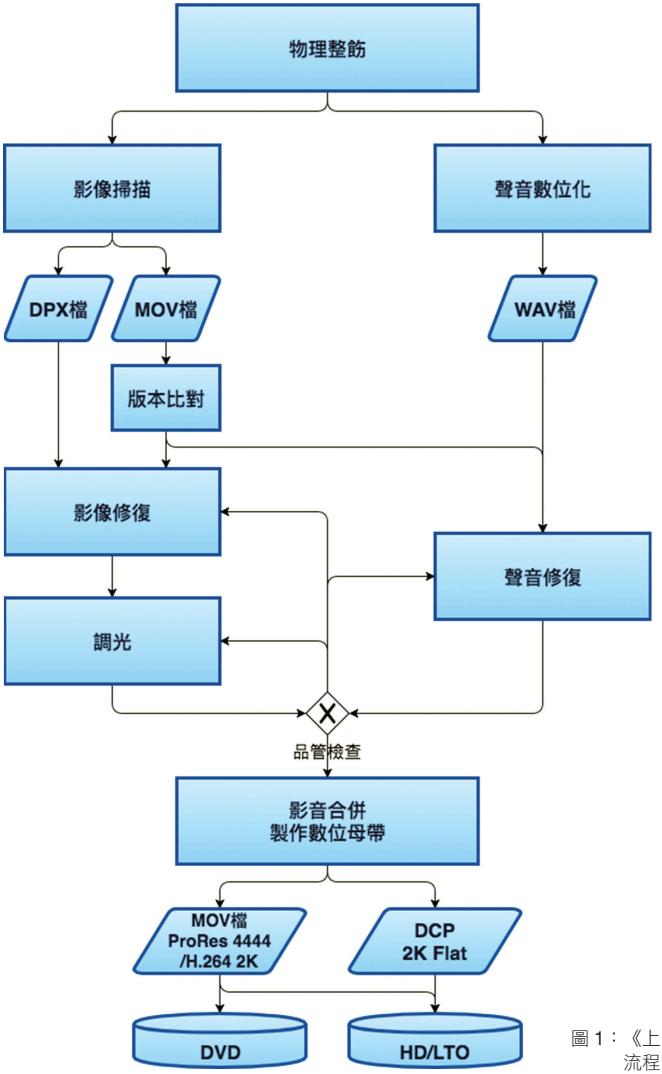

物理整飭
影像掃描
聲音數位化
DPX檔
MOV檔
WAV檔
版本比對
影像修復
聲音修復
調光
品管檢查
影音合併
製作數位母帶
MOV檔
ProRes 4444
/H.264 2K
DCP
2K Flat
DVD
HD/LTO

圖 1：《上山》修復流程圖

入該年掃描片單中。透過檢查和比較經由本中心 ARRIScan 掃描機所取得的五份素材內容，最後選擇以館藏編號 N-009819 與 N-009820 做為後續修復素材。於 2017 年初開始進行自主修復，並於該年中完成此修復案。

膠片整飭、素材比較

經整飭人員檢視館藏素材後，得到下列素材比較。其中選擇以 DS-004708、N-009819、N-009820 及 N-009823 做為主要影音素材，並提供 N-010426 做為參考素材，經修復齒孔，清潔並強化接點後交由掃描人員進行數位化。

表 1：館藏素材比較

館藏編號	DS-004708	N-009819	N-009820	N-009823	N-010426
畫格數	4901	2334	3733	10968	10968
格式 規格 片長（呎） 備註 整飭特徵	拷貝片 16mm 684（10/40） 最後完整拷貝 6	反底片 16mm 684（10/40） 非原底，英字 6	反底片 16mm 684 AB Roll，左側裁切 4	反正片 16mm 684 雙邊齒孔，無聲英字 3	拷貝片 16mm 684（5/16） 工作拷貝，多髒汙記號 2
館藏編號	N-009821	N-009822	N-009824	N-009825	N-009826
格式 規格 片長（呎） 備註	聲片 35mm 684 未裁切處理	聲片 35mm 684 未裁切處理	拷貝片 16mm 918（11/40） C 拷為字幕反正	拷貝片 16mm 152（32/40） 修下片，各段含接	反底片 16mm 89（35/40） 片長不足

影像掃描

由於本片長度較短，因此得以對所有可用素材皆進行掃描，以供後續數位檔案比較。在掃描中監看成果時發現，N-010426 畫面品質極差，髒汙及記號頻繁，無法適用於典藏或修復用途，此素材並未完成掃描。各版本素材掃描結果如下表。

表 2：掃描版本基本參數比較

館藏編號	DS-004708	N-009819	N-009820	N-009823	N-010426
格式	1747X1339	2340X1770	2340X1770	2340X1770	2340X1770
本片片長(格)	27371	27373	27373	27373	11701*
掃描日期	2016/02/23	2016/03/23	2016/05/09	2016/05/09	2016/05/09

* 未完全掃描

透過比較所有掃描後的數位檔案可得知，除 DS-004708 於倒數第二鏡頭缺兩格外，各素材片長基本相同，為 27373 格。DS-004708 多髒點及刮痕，亮暗處細節較少，僅做為同步參考素材。N-009819 非原底，外景部分接點有嚴重膠水痕跡，亮暗細節佳，適合做為主要修復素材。N-009820 顆粒較 N-009819 細，接點狀況良好，無膠水痕跡，但畫面左側多裁切及缺孔，

圖 2：上左：N-009820 邊緣齒孔痕跡，下左：N-009820 膠帶殘留痕跡，右側：N-009819 畫格。

圖 3：左側：N-009820 畫格，上右：N-009819 接點膠水痕跡，下右：N-009823 暗部細節遺失。

部分場景有大範圍汙漬，做為 N-009819 之替代素材。N-009823 狀況類似 N-009819，但暗部亮度受限，無法呈現細節，未用做修復素材。

數位修復

本案使用專業修復軟體 DIAMANT V9，搭配使用主要修復素材 N-009819 與替代修復素材 N-009820，經重新剪接後進行全片修復。

數位修復初期以穩定畫面及去閃爍為首要目標。由於此次掃描畫面皆含齒孔及畫框線，因此在透過比對時製作的分鏡表分鏡後，通常使用 DIAMANT 中的 *StabBoarder* 及 *StabROI* 濾鏡互相搭配，進行自動化畫面初步

穩定。待檢查後，如有不足的部分再透過 *Stabilize*、*StabAuto* 及 *StabTracking* 濾鏡加強。單一畫面可使用 *Transform* 修正，接點前後跳動及變形則可透過 *SpliceBump* 修正。穩定後則使用 *DFlicker* 與 *DFlickerFlow* 濾鏡減輕閃爍。

由於此片為 1966 年拍攝之寫實紀錄片，戶外場景使用手持式攝影機，原始畫面應存在自然的晃動。因此在穩定階段主要修正參考為畫框線及齒

圖 4：修復比較對照圖。左側：修復調光後影像，上右：原始影像含垂直刮痕，下右：原始影像含水平接點痕跡。

孔，以小參數使畫框盡量對齊，以不過度修正攝影機原始狀態為主要目標。在遠景或攝影機明確靜止或單一方向移動（如水平）鏡頭時，才會使用較大的修正參數，以取得較佳的觀賞體驗。相同的道理，在修復閃爍時，考量到當時的影片是有可能存在部分閃爍，而部分閃爍是由於影片退化不均所造成。因此採用以每個鏡頭為單位，微量降低閃爍強度，但不以完全消去閃爍為目標，在觀賞品質與原始資訊間取得平衡，並使得後續髒點去除等工具得以取得更佳的效能。

修復階段會先使用半自動濾鏡修復明顯缺陷，再透過手動及搭配特定區域的半自動濾鏡做細部修復。其中最主要的是 *Dust* 濾鏡，用於修復髒（亮）點及霉斑，和 *Scratch* 濾鏡，用於修復刮痕。其餘則是初步修復無法取得良好結果時的搭配工具。*HistoryBrush* 與 *HistoryFilter* 工具則是用於回復電腦計算錯誤的部分。整體而言，除了部分含有大量水平刮痕的室外景之外，全片室內景畫面狀況較室外景差，尤其是室內景存在大量持續性粗刮痕，除使用 *Scratch* 濾鏡處理外，還需要使用 *Repair* 等工具，在進行自動修復後，必須進行大量的人工修復，以消除人為修復痕跡。而室外景在部分時段會有拍攝前未適當清理所造成的片門髒汙，原則上這些片門髒汙不清除，採用畫面裁切的方式閃避。但是在部分鏡頭中，我們測試了使用 *Exinpaint* 及 *Repair* 修復及降低人為效應。

兩份素材各自具備不同的瑕疵，在修復時需要不同的策略。N-009819 這份素材在製作前，由於重新剪接時使用膠水過量，導致此素材在接點處有大範圍膠水粘黏痕跡。甚至多餘的膠水影響到印片機滾輪，使得有此現象的接點之後每 8 格會出現一次畫面角落有重複的膠水痕跡。即使是沒有明顯膠水痕跡的畫面，可能也會沾黏長度數十像素、寬度約為 3 像素的細毛狀物，觀看時雖不易於辨認，但可能造成暗景略呈現灰色狀。膠水痕跡可透過混合

圖 5：修復比較對照圖。左側：修復調光後影像，上右：原始影像含零星髒點，下右：原始影像含大範圍膠水髒汙。

Dust、*Repair*、*Interpolate* 甚至 *Clone* 工具來修復，接點後的大範圍膠水痕跡則是如一般接點缺陷，可透過 *Splice Repair* 工具修復。而細毛狀物在調光後大部分可透過 *Dust* 工具修復，如果該鏡頭細毛物過多，則透過 *Enhance* 做 *Blur* 及

ReGrain 工具去除。N-009820 雖無膠水痕跡，但是可能在畫面邊緣出現膠帶殘留及齒孔裁切畫面。這兩個缺陷皆為持續數格的畫面缺陷，因此除了常用的 *Dust* 和 *Interpolate* 工具，通常需要透過人工方式使用 *Clone* 及 *ExInPaint* 工具等，透過取得其他畫格畫面或周圍資訊進行彌補。

由於 N-009819 及 N-009820 顆粒不一，因此在最後確定調光完成後，再擷取 N-009820 上的顆粒做樣本，使用 *Enhance* 及 *ReGrain* 將全片的顆粒調整至接近的狀態。

表 3：修復工作摘要

濾鏡（半自動）	合計（畫格數）[1]	工具（手動）	合計（次數）[2]
StabBorder	34792	*Dust*	79817
StabROI	31345	*Scratch*	17342
Stabilize	8740	*ExInPaint*	31373
StabAuto	3662	*Repair*	26666
StabTracking	795	*Interpolate*	17289
Transform	1550	*Clone*	335
SpliceBump	1945	*Splice Repair*	64
Dflicker	34274	*HistoryBrush*	37718
DfickerFlow	4516	*Enhance*	39
Dust	43046	—	—
Scratch	23487	—	—
ExInPaint	1155	—	—
InPaint	408	—	—
Repair	597	—	—
HistoryFilter	3223		

1 套用濾鏡的畫格數，同一濾鏡可套用相同畫格大於一次。
2 使用工具次數，同一畫格可套用相同工具大於一次。

調光

此次調光使用 Davinci Resolve 12 Studio 調光軟體，分別在初次修復後做對數轉線性及基本對比調整，以及二次修復後做吻合拷貝調光修改，及後續的修正調光。

由於 DS-004708 是完整拷貝，因此將此素材做為吻合拷貝調光時的主要

參考。此素材與修復素材相比，亮部被極度壓縮，主要以中暗部細節為主，且各鏡頭間亮度有時並不一致，但考量此拷貝為此片唯一公開放映過的版本，且這些現象可能是導演當時決定，因此仍以此為目標。拷貝的畫面亮度範圍主要介於 100 至 800 之間，部分剪影鏡頭可以低到 60 左右，而最亮可達 950 左右，這也是我們初期調光時限定的畫面亮暗範圍。透過將拷貝每個鏡頭各擷取一張圖的方式，與修復素材同時呈現於同一個螢幕上，可確實地讓修復素材完全吻合拷貝的亮暗曲線。

圖 6：調光比較對照圖。左上：修復調光後影像，強化臉部與衣服細節，左下：修復調光後影像，強化影像對比並符合前後場景，右側：原始影像。

在驗收時，驗收委員提出拷貝中被犧牲的細節可能是當時沖印的缺陷，修復時應該可以使這些細節重新被適當地表現，且重新調光時應可以使相鄰鏡頭的亮暗變化更加順暢。因此進行後續的修正調光。透過比較前後畫面，將畫面主要亮暗區域還是侷限在 100 至 800 之間，剪影等極低暗度可下推至 50 左右。而為顯示天空細節，將最強拉至 900 至 1000 之間，使得雲層亮暗有 200 以上的範圍可供呈現。在高對比場景中，地景主要會是介於 100 至 650 左右的中灰區域，而低對比場景中，地景的亮度可以增加至 750 左右。確認亮暗範圍後，以對比大的場景開始，對相鄰場景做調光比較，以取得類似的光度。相對於室外景，室內景以劇中人物黃貴蓉的白色毛衣做為比較。因此室內景主要人物臉部亮度約為 600 左右，暗部則為 128 左右，先調整三人同時出現再接特寫的鏡頭，再擷取單圖供其他室內場景做參考。最後搭配曲線微調，確保所有場景的細節都能盡量得以呈現。

聲音修復

本案進行聲音轉檔時所使用軟體為 Pro Tools 12，由於本案數位化時的轉聲器材僅有 Sondor OMAE，因此無法進行 N-009821 及 N-009822 這類品質更好素材的數位化，且 N-009822 素材也已銷毀，因此 DS-004708 為唯一可供修復之素材。

修復聲音時主要使用 iZotope RX 6 Audio Editor，並搭配 Pro Tools 12 做輸出調整。由於此素材聲軌狀態良好，因此主要修復階段僅需以 *De-Click* 去除喀答聲，*De-crackle* 去除聲軌上的雜音，*Remove Hum* 去除低頻哼聲，加上 *Spectral Repair* 手動修復原始影片中不應存在的雜音。由於當時 16mm 膠卷的光學聲軌在超過 6 千赫茲以上及 60 赫茲以下無法呈現，因此最後在輸出時透過 EQ 調整，降低這個區域的強度，使得輸出的聲音能還原至預期的強度。

在修復時，發現當時室內景採用光啟社 16mm 同步攝影機拍攝場景中，可能是拍攝或後製時期因器材未正確接地而產生固定頻率的雜訊。這些雜訊並不存在於聲音以後製處理的外景中。因此在修復過程中曾製作出去除雜訊版與未去除雜訊版，但考量導演允許原始拷貝中存在此雜訊，因此最終輸出時，選擇保留此一瑕疵。

輸出

本案輸出軟體使用 Davinci Resolve 12 及 OpenDCP。在確認調光完成後，匯入修復後影像檔案（10bit，1998x1080，DPX 檔），依每個鏡頭確認畫格裁切範圍，基本上以不超過 5%，且可裁切四周弧角。搭配聲音修復檔（96kHz，24bit，WAV 檔）後產生預覽檔，經相關人員確認無誤後確定正片內容。後續透過陳導演本人指導及相關人員提供，加入字幕及片頭片尾字卡後，建立最終時間軸。依此最終時間軸輸出三種格式：1998x1080 裁切後 DPX 檔，供後續 DCP 製作使用；Apple ProRes 4444 2K 及 H.264 2K quicktime 影音檔，供後續數位使用。

透過 OpenDCP，可以將 Davinci Resolve 所輸出之 DPX 檔轉換成 16bit XYZ tiff 格式，並壓縮成 JPEG2000 格式，以產生 MXF 封包。再將相同時間軸的聲音也製作成 MXF 封包後，合併成符合規格的 DCP。並將此 DCP 放在 NTFS 格式硬碟中，送至中心數位電影放映機試片檢查。

最後將原始素材 DPX 檔及 WAV 檔、修復後 DPX 檔、DCP 檔及 quicktime 影音檔、修復過程之 DIAMANT 修復記錄、Resolve 調光專案檔、Pro Tools 及 iZotope 聲音專案檔一併備份至 LTO 帶中，以供典藏。

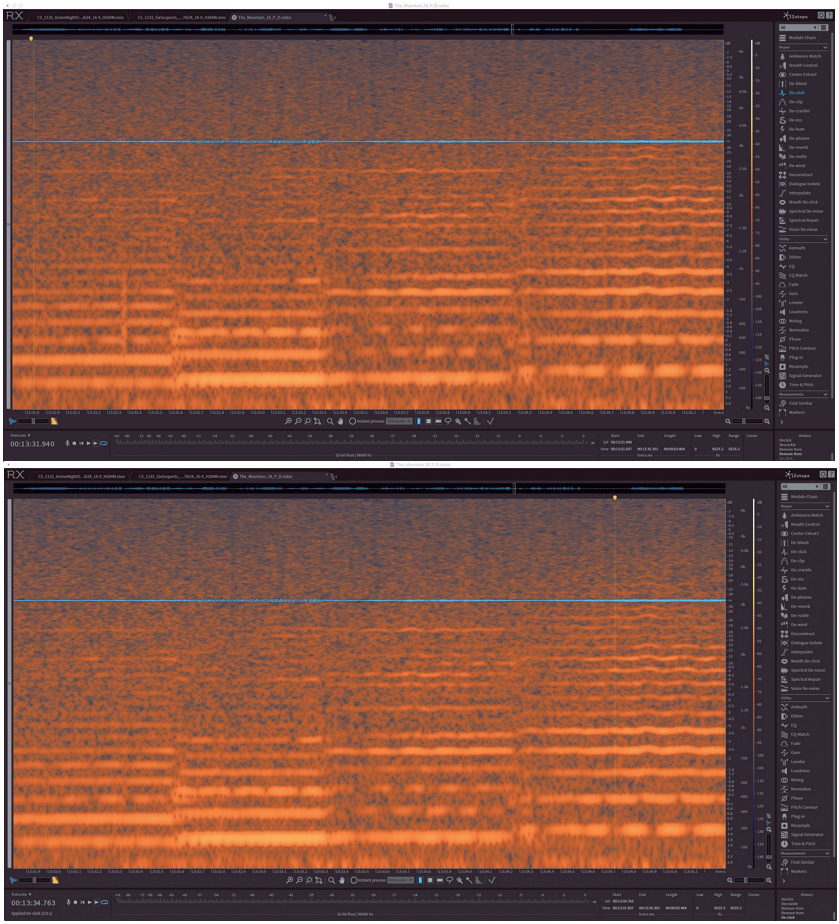
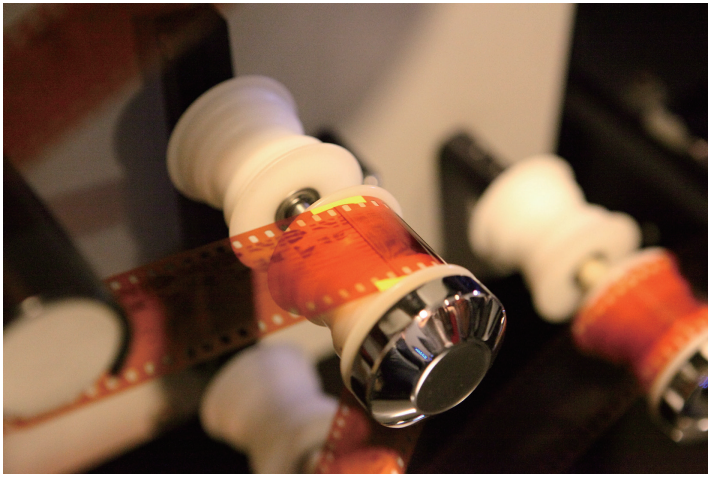


圖 7：去除喀答聲，前後比較頻譜對照圖。

第三章 國際經驗



作者：許岑竹，曾任職於國家電影中心典藏修復組，現為電影創作者，亦從事電影教育工作。

電影膠片黴菌爭霸戰

撰文：許岑竹

台灣身處亞熱帶地區，經年處於高溫、高相對濕度的氣候，因而「真菌無所不在。我們這裡所指的真菌不是像香菇形狀那樣的真菌，而是於生活中常見布滿物品表面的綠、黑色樣貌的黴菌。黴菌通常以孢子或是根狀、網狀的菌絲或菌絲體樣貌呈現在我們眼前，這也是我們常說的「絲狀真菌（filamentous fungi）。

圖 1：電影膠片被菌絲侵入。

不光是我們人類的生活空間容易孳生黴菌，電影膠片以因其材質成分，更是黴菌喜愛的營養來源之一。駐紮在電影膠片上的黴菌一旦繁殖到了一定數量，肉眼就能夠輕易地看見，若再經由電影放映機投影放大到銀幕上，我們觀賞到的電影畫面有可能全部被雪花般的黴菌遮蓋，宛如觀賞一場黴菌爭霸戰了。本篇主旨介紹電影膠片上所孳生的黴菌以及膠片劣化、衰解的狀況與原因，針對電影膠片儲存環境優劣所造成黴菌孳生實驗結果，提供如何保存珍貴影音文化遺產的具體建議。

微生物分解

任何物質要出現「微生物分解（microbial biodegradation）現象，都需要不同的因素互相配合才能達成。大致上區分為以下三種因素：內在因素、外在因素和潛在因素。內在因素為物質本身材質的特性，例如酸鹼值、營養成分和水含量等；外在因素為物質儲存的環境條件，例如溫濕度和環境酸鹼值；潛在因素則為微生物本身的生理條件，以上三個因素在彼此相互影響之下才能夠出現微生物分解現象。本篇文章所探討的電影膠片上的黴菌，是真核細胞生物（eukaryotic cell），它們的核糖體比「原核細胞」（prokaryotic）生物還要大，營養和代謝作用則是少於原核細胞生物，不過黴菌可以使用各種有機體作為碳和能量的來源。絲狀真菌為無葉綠素的異營生物（heterotroph），不能直接以無機物合成有機物，必須攝取現成的養分來維持生理機能，於是在高溫、高濕的環境之下，當黴菌遇上電影膠片，並發現其成分能夠作為營養來源，黴菌就會駐紮其上，尤其絲狀真菌具有特殊的分解酶（catabolic enzyme），能夠開始破壞膠片的分子（molecule）結構、大啖電影飽食一番。

電影片基介紹與劣化說明

究竟黴菌喜愛吃電影膠片裡的什麼成分呢？我們首先要認識電影膠片的基本組成。電影膠片的組成可大略分為片基（base）和感光乳劑層（light sensitive layers）兩部分。

片基為透明纖維素（cellulose）底材，感光乳劑層內含分散的感光成分，包覆於膠狀介質中。通常是選用明膠（gelatin）做為黏著劑，將感光乳劑層黏附於片基上，而感光乳劑與明膠則合稱為「藥膜面」（emulsion）。黑白電影底片的藥膜面有一層感光乳劑層，內有懸浮於明膠內的鹵化銀〔 silver-

halide 〕和其它化學物質；彩色電影底片的藥膜面有綠、紅、藍三層感光乳劑層，這三層感光乳劑層彼此間所使用的黏著劑最主要的成分也是明膠。明膠是取自動物的皮膚、骨骼和肌腱中的蛋白質所合成，對黴菌來說是豐沛的營養來源，因此不論是黑白或是彩色電影片都是黴菌的最愛；尤其明膠包覆了感光乳劑層，黴菌若開始啃食明膠，也代表著電影畫面正一點一滴地消逝當中。

電影膠片片基分為三大種，硝化纖維素（cellulose nitrate）、醋酸纖維素（cellulose acetates）和聚酯（polyester）。以硝化纖維素作為片基的電影膠片通稱硝酸片（nitrate film），是美國柯達公司於 1889 年首次研發成功的片基，但因其化學特性穩定度低，且極具易燃性，如果硝酸片儲存於過濕與過熱的環境中，會造成分解及自燃，因此也稱為「易燃片」。即使沒有發生自燃，

圖 2：電影膠片因為水分流失而片幅變形。

也會因為氧化反應，在硝和纖維素之間的鍵合分解時，釋放出硝酸和硫酸鹽氣體，這會導致儲存片盒生鏽以及電影膠片褪色。此外，這些酸性氣體還會軟化明膠，有助於微生物滋長，再加上因水分流失，造成電影膠片變形無法放映。

以醋酸纖維素作為片基的電影膠片通稱醋酸片（acetate film）。由於硝酸片的不穩定與易燃的高危險特性，柯達公司研發出醋酸片，1923 年之後也以「安全電影片」（Safety Film）作為名號，持續研發至約 1948 年，柯達公司的「三醋酸鹽纖維」（cellulose triacetate）醋酸片才成為最穩定且廣泛使用的電影膠片材質。但是醋酸片中的氫氧根（hydroxyl）與空氣中的水分會結合產生醋酸，這種症狀稱之為「醋酸症」（vinegar syndrome）。酸鹼值的變化程度會影響明膠，極度嚴重的醋酸症會使明膠層軟化，導致承載畫面的藥膜面與片基分離，使得電影膠片完全不能使用。電影保存單位目前使用 A-D 試紙（Acid-Detecting Strips）測試醋酸症的嚴重程度，A-D 試紙會因酸度不同而顯現出不同的顏色變化，從藍色、藍綠色、綠黃色一直到最酸的亮黃色。

醋酸纖維因為缺乏「酶催化作用」（catalysis）所需要的「目標位置」（target site），因此反而比其它天然纖維素更能夠抵抗微生物的侵襲（目標位置即為酶能將受質〔substrate〕分解為更小片段的地方）。已經有不少實驗研究發現，有嚴重醋酸症現象的電影膠片反而確實能夠抵擋微生物的攻擊。[1]

第三種電影片基為多元酯，通稱為聚酯片（Polyethylene Terephthalate，PET），約於 1990 年代開始廣用。聚酯片是由乙二醇（ethylene glycol）與

1.C.Abrusci, A.Martin-González, A. Del Amo, F.Catalina, J.Collado, G.Platas, “Isolation and identification of bacteria and fungi from cinematographic films,” *International Biodeterioration & Biodegradation*, 56, 2005, p. 59.

對苯二甲酸（terephthalic acid）進行聚合反應製成的酯類，這種酯聚合物（ester groups）的鏈子結構對會互相結合形成強壯的結構，其化學性穩定，亦能夠阻擋微生物的侵襲。然而，還是有些真菌——例如煙麴黴（Aspergillus fumigatus）——對聚合物具有攻擊性，加上近年來已經開始使用聚酯片材作為電影保存方法之一，因此這種膠片受黴菌侵害的潛在危機絕對不容忽視。

黴菌如何攻擊藥膜面

片基的化學穩定性相較於藥膜面穩定許多，對黴菌來說，藥膜面還是更具吸引力的營養來源。幾乎所有電影膠片的藥膜面都含有明膠，而明膠是最容易受到微生物攻擊的物質。明膠會被許多真菌和細菌所分泌的蛋白酶（protease）分解，進而產生衰解（degradation）。黴菌一旦在電影膠片上落

圖 3：電影膠片表面佈滿霉斑。

地生根，將帶來永久性的破壞，菌絲可以經由分泌酶穿透明膠層，啃食膠片。一般的電影膠片儲存方式是將膠片捲在片心（core）上緊密環繞成卷，也因此通常是暴露於空氣中的膠片邊緣成為黴菌侵入的起始點，之後再生根蔓延至電影畫面處，霸占電影膠片。

電影膠片孳生黴菌的問題並非新鮮事，早在電影膠片發明初期就已經發現這個困擾，因此生產電影膠片的研發單位也嘗試製造能夠抵擋微生物侵害的藥膜面。早期的黑白電影膠片成分加入了抗微生物劑（anti-microbial agent），例如甲醛（formaldehyde），可惜甲醛無法與彩色電影膠片的成分相容。2009 年的一項研究分別將黴菌接種在黑白攝影底片和彩色攝影底片上，發現黴菌在彩色攝影底片上繁衍的速度相對快速，乃因黑白攝影底片的銀離子本身就具有抗微生物的特性。[2]

電影膠片上的黴菌是否危害人體？

愛吃電影膠片的黴菌其實跟我們平常在生活中所見到的黴菌是相同的種類，包含雜色麴黴菌（aspergillus versicolor）、產黃青黴菌（Penicillium chrysogenum）、短密青黴菌（penicillium brevicompactum）、芽枝狀枝孢菌（ladsosporium cladosporiodes）、綠木黴菌（trichoderma viridiae）和毛黴菌（mucor spp.）等，其中又屬雜色麴黴菌和青黴菌最常見於電影膠片之上。

微生物依照生物安全等級（Biosafety Levels ）危害人類的程度區分為四大等級，無害的第一等級（Biosafety Level 1，BSL-1）至可能造成人類傷亡的第四等級（BSL-4）。針對電影膠片上的黴菌進行檢測，大部分黴菌都屬於

2. Gavin D. Bingley and Joanna Verran, “Attack of the Little Green Mold,” *Journal of Preservation,* vol. 90, 2014/04, p.14,

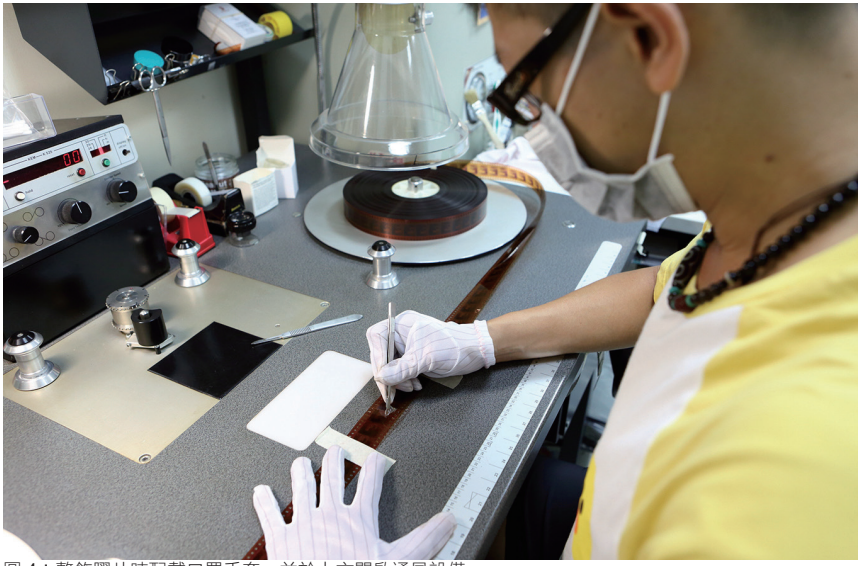


圖 4：整飭膠片時配戴口罩手套，並於上方開啟通風設備。

無害的第一等級，但若長期暴露於此環境之下，仍有可能對肌膚過敏或是免疫系統低落的人產生影響，因此，在處理發霉的電影膠片時，建議工作人員要採取預防措施，例如配戴一次性醫療用手套與口罩、減少肌膚暴露於工作環境、開啟通風設備等。

具有生命力的黴菌會釋放某種揮發性氣體，研究者於 2012 年開始使用固相微萃取法（Solid-phase Microxtraction, SPME）與氣相層析質譜儀（Gas Chromatography Mass Spectrometry, GCMS ）偵測電影膠片上的黴菌數量。[3] 這項檢測非常適合在新典藏品入庫前進行，若偵測到黴菌存在，應立即轉移

3. Gavin D. Bingley and Joanna Verran, “Attack of the Little Green Mold,” *Journal of Preservation*, vol. 90, 2014/04, p.16

到溫濕度控管的庫房以避免劣化。這種檢測方式也可以用來判定電影膠片是否染上醋酸症。

預防勝於治療

當電影保存單位收到帶有黴菌的電影膠片時，除了儘快儲存於低溫、低濕度的管控庫房中，也有以下處理方式：國家電影中心曾針對黴害嚴重的電影膠片使用 50% 蒸餾水稀釋的酒精或異丙醇（isopropanol）沾濕海綿擦拭，試圖去除黴菌。國家電影中心也曾參照越南國家電影資料館（Vietnam Film Institute）的做法，將微劑量（約 1 公克）的三聚甲醛（paraformaldehyd）裝進棉紙袋，與發霉的電影膠片一起放進片盒中，防止黴菌繼續孳生。也有不少研究者嘗試使用聚合物代替明膠成分，但至今仍未有令人滿意的結果，[4] 因為誠如上述，聚合物還是無法完全抵抗黴菌的攻擊。針對黴菌所造成的劣化問題，目前還有一個相對消極性的應對辦法，就是將電影膠片掃描成數位檔案，再透過數位軟體修復黴菌所造成的劣化部分，但這項工程耗費相當高的成本與時間，而且所修復的對象僅是數位檔案而非膠片本身，因此我們更應該杜絕任何可能使黴菌滋長的機會、阻止黴菌蔓延與惡化。

然而，除了電影膠片本身成分吸引黴菌之外，影響黴菌及其它微生物生理活動還有許多外在因素，包含儲存環境的溫度、相對濕度、光源、氧氣等，因此儲存庫房的溫濕度控制極為重要。伊士曼柯達電影公司所出版的 *The Book of Film Care* 一書中提到，相對濕度一旦超過 60%，微生物就會開始攻佔電影膠片藥膜面，尤其台灣是全年平均相對濕度高於 70% 的地區，

4. Gavin D. Bingley and Joanna Verran, “Attack of the Little Green Mold,” *Journal of Preservation*, vol. 90, 2014/04, p.14

更是黴菌孳生的最佳溫床。不僅要控制溫濕度，庫房內的環境清潔更是預防微生物滋長的關鍵，捷克電影資料館（Czech Film Archive）前任館長歐培拉（Vladimir Opela，國際電影資料館聯盟榮譽會員）曾於 1992 年發表關於微生物攻擊電影膠片的文章，[5] 文中提及一份由布拉格大學執行五年的實驗數據，此實驗分別偵測前捷克斯洛伐克共和國位於泰瑞布辛（Trebsin）和赫拉迪斯科（Hradistko）的兩處電影資料館庫房中空氣、地板和片盒上的微生物汙染含量比較。赫拉迪斯科資料館於五年的實驗期程中皆維持良好的儲存環境；相反地，泰瑞布辛資料館從實驗初期就一直處在不適當的儲存環境之下。此項實驗結果顯示，泰瑞布辛的微生物汙染狀況是赫拉迪斯科庫房的 10 倍，甚至發現片盒上的微生物含量是空氣中的 1000 倍，庫房的地板和牆壁上都布滿了微生物。此外，在兩個庫房偵測到共有 15 種黴菌，其中以煙麴黴占 50% 為最大宗，枝孢菌占 20%，而青黴菌也有 20%；在電影膠片上偵測到的黴菌包含煙麴黴、枝孢菌、青黴菌、木黴菌和毛黴菌。由此可見，庫房整體環境的優劣也對電影膠片的保存造成相當大的影響。

庫房空氣若含有微生物，一旦空氣停滯不流通，微生物的孢子就容易落於各種表面開始繁殖，而環境中的灰塵與雜質也容易吸引黴菌且吸附其孢子，因此，庫房與工作環境皆需保持通風、減少落塵或是在通風口加裝濾網阻擋孢子傳播，以及使用含抗微生物製劑的清潔用品；定期檢查電影片、定期清潔庫房的牆壁與地板，也是阻絕黴菌與其它微生物孳生的方法。必須採取多方預防措施才能有效控制黴害，真正做到預防性保存，讓我們人類的珍貴電影文化遺產能夠大聲向黴菌說「不」。

5. V. Opela, “Fungal and bacterial attack on motion picture film”, *Joint Technical Symposium*, Sessioin 5, Ottawa, 1992, pp.139-144.

表 1：國際電影資料館聯盟建議的電影膠片保存溫濕度

電影片材	溫度	相對濕度
硝酸片基	4℃±1℃	50%±2%
醋酸片基 黑白片	21℃	20%-30%
醋酸片基 彩色片	2℃	20%-30%

表 2：伊士曼柯達公司建議的電影膠片保存溫濕度

電影片材	溫度	相對濕度
硝酸片基 黑白片	10℃ 以下	20%-50%
硝酸片基 彩色片	0℃ 以下	20%-30%
聚酯片 黑白片	25℃	20%-50%
聚酯片 彩色片	10℃	20%-30%

參考資料

Abrusci, Concepción, Norman S. Allen, Alfonso Del Amo, Michelle Edge, and Ana Martin-González, “Biodegradation of Motion Picture Film Stocks,” *Journal of Preservation*, vol. 67, 2004, pp. 37-54.

Abrusci, C., A. Martin-González, Del Amo, F.Catalina, J.Collado, and G.Platas, “Isolation and identification of bacteria and fungi from cinematographic films,” *International Biodeterioration & Biodegradation* vol. 56, 2005, pp. 58–68.

Bingley, Gavin D. and Joanna Verran, “Attack of the Little Green Mold.” *Journal of Preservation*, vol.90, 2014, pp. 11-18.

Bowser, Eileen and John Kuiper, eds. *A Handbook for Film Archives*, 1991. 財團法人國家電影資料館譯，《電影資料保存手冊》，台北市：財團法人國家電影資料館，1995。

Eastman Kodak Company, storage information, http://www.kodak.com/motion/support/technical_information/storage/storage_information/default.htm（access on 2017/11/8）

Gordon, P.L.ed., Eastman Kodak Report, *The Book of Film Care*, Rochester, (N.Y.): Eastman Kodak Company, 1983.

楊宏達、鍾國華、許岑竹、謝麗華，〈攝影類國家檔案修護及複製規範之研究——以電影片為主〉，台北市：檔案管理局，2013。

專有名詞對照表

英文名詞	中文名詞
35mm	35毫米
access	使用
active preservation	主動式保存
analogue	類比，如指電影片亦可稱為膠片、膠卷
artifacts	人為修復造成的瑕疵
Association des Cinémathèques Européennes, ACE	歐洲電影資料館協會
back up	備份
base	片基
bit-depth	位元深度
bluray disc	藍光
born-digital	數位原生
cataloguing	編目
cellulose	纖維素
digital drops	掉格
digital restoration	數位修復或影像數位修復
digitization	數位化
Director of Photography, DOP	攝影師
dirt removal	去除髒點
duplicate negative	翻底片
duplicate positive	翻正片
element	物件
emulsion	藥膜、藥膜面
encrypted	加密
Eucalyptus essential oil	尤加利精油
fading	褪色
feature length fiction	劇情長片
film repair	膠片整飭
film	膠片、膠卷、電影、影片、作品(電影、影片、作品這些都是用於抽象的概念，膠片、s膠卷通常指的是影片的實體)
first release print	第一代發行拷貝
frame per second, fps	格速率
frame rate	格速
frame reconstruction	畫格重建
frame	畫格
framing	裁切畫格
Gain	(調光)調整中間調

英文名詞	中文名詞
gamma display	伽瑪顯示
Gamma	(調光)調整亮部
gelatin	明膠
genre	類型
grading	調光
grain sampling	顆粒取樣
image stablilization	影像穩定
ingest	匯入
International Federation of Film Archives, FIAF	國際電影資料館聯盟
interplate	插入
interpositive	中間正片
Isopropyl alcohol	異丙醇
Journal of Preservation	《電影保存期刊》
Key Delivery Message, KDM	數位鑰匙
Lift	(調光)調整暗部
LUTs	色彩對照表
master negative	原始底片
mastering	製作母檔
mold	霉、霉斑
nitrate film	硝酸片
original soundtrack negatives	原始聲音底片
original	原作
output	輸出
passive preservation	被動式保存
Perchloroethylene	四氯乙烯
photochemical laboratory	沖印廠
primary color grading	初級調光
raw file	原始檔案
regrain	重新顆粒化
repair	整飭
restoration	修復
scan	掃描
scratch	刮痕
secondary color grading	次級調光
shrinkage	收縮
silent film	默片

英文名詞	中文名詞
Society of Motion Picture and Television Engineers, SMPTE	電影電視工程師協會
sound sample rate	聲音取樣頻率
soundtrack	聲軌
splice	接點
stain	髒污
Storage Area Network, SAN	儲存區域網路
Swedish Film Institute	瑞典電影中心
Synchronization, synch	音畫同步；同步
tear	撕裂
Technicolor	特藝彩色
telecine	過帶
unencrypted	未加密
vinegar syndrome	醋酸症
vintage print	首次沖印拷貝
warped	扭曲變形

2017 數位修復手冊

發行人　丁曉菁
總編輯　陳斌全

國家電影中心數位修復組

主編　黃慧敏
校訂　陳逸達、蔡孟均、張怡蓁、郭若瑗、林吟秋、潘琇菱、邱繼諺、詹凱同
美術設計　俞姵伊

執行編輯　萬蓓琪
指導單位　文化部
執行單位　財團法人國家電影中心
出版　財團法人國家電影中心
地址　10051 台北市中正區青島東路 7 號 4 樓
電話　02-23924243
傳真　02-23926359
信箱　service@mail.tfi.org.tw
網站　http://tcdrp.tfi.org.tw/

版次　中華民國 106 年 12 月初版一刷
定價　非賣品
版權所有 ・ 翻印必究