

電子影像檔案長期保存的未來趨勢

JPEG 2000 格式應用的探討

電子檔案長期保存實驗室

顧問 邵新中 博士

中華民國 109 年 4 月 30 日

目錄

壹、 摘要	- 1 -
貳、 前言	- 2 -
參、 技術簡介.....	- 4 -
肆、 電子影像檔案管理與應用模型	- 7 -
伍、 國際與業界接受度	- 11 -
陸、 檔案格式轉置實驗與心得.....	- 13 -
柒、 結論	- 14 -
捌、 參考資料.....	- 16 -
玖、 附錄：JP2 轉置實驗報告.....	- 17 -

壹、摘要

本文主要探討一種由 ISO JPEG 委員會負責研究與推廣，兼具非破壞性壓縮與破壞性壓縮演算法的影像檔案格式與架構，JPEG 2000，在電子檔案長期保存方面的適用性。JPEG 2000 擁有卓越的技術優越性，確實能夠為目前一些影像檔案管理與長期保存問題上提供可行的解決方案，但是由於受到多重專利保護以及普遍性不足，也有一些實際應用上的缺點。本文列出一些世界先進國家相關機構對於 JPEG 2000 的接受度，普遍來說，JPEG 2000 是被相當保守的接受。此外，本文也提供 JPEG 2000 在影像檔案格式轉置的技術實作實驗以供參考。本文並非學術性的研究與探討，屬於相關資訊的蒐集、整理與引申，僅提供檔案管理局與電子檔案長期保存實驗室參考使用。

貳、前言

電子影像檔案，或者稱為數位影像檔案，在長期保存的電子檔案中，在數量上占有極高的比例與重要性。由於數位相機以及掃描技術的不斷進步，各機關回溯建檔所產生的電子影像檔案數量更是快速成長。這些電子影像檔案蘊含著寶貴的歷史與文化記憶，因此世界各先進國家無論在長期保存或管理應用上都投入龐大的人力與經費，不斷精進相關技術與規範。本文的目的為探討一種新的電子影像檔案格式與標準，JPEG 2000(副檔名為 .jp2)，對於電子影像檔案長期保存與管理上的適用性與可行性，藉以提供檔案管理局與電子檔案長期保存實驗室（以下簡稱本實驗室）參考。

本文第二節先概略介紹 JPEG 2000，尤其強調這種新標準在長期保存以及管理上有何優勢與缺點。第三節介紹一個典型的電子影像檔案管理模式與作業流程，並且說明這種模式所面臨的問題，針對不同使用情境，同一個電子檔案可能需要轉置為不同格式，不同壓縮比，以符合不同場景，不同情境下的使用需求。這種模式極可能使得同一個內容的檔案衍生出多個不同格式的檔案，不僅造成儲存與運算資源浪費，更將形成管理上的困擾。接著介紹一種由 ISO JPEG 2000 委員會基於 JPEG2000 電子影像檔案新格式標準所建議的參考模式，並且解說這種新格式為何可以解決前述模式的問題。

各先進國家檔案管理相關機構接受 JPEG2000 的程度以及一些設備廠商對於 JPEG2000 的支持度則列舉在第四節。

為了確保 JPEG2000 與其他電子影像檔案之間的轉置能夠順利進行，本實驗室進行一項實驗，驗證常用的電子影像檔案與 PDF/A 檔案均能正常順利轉置。第五節摘錄實驗結果，實驗細節詳細說明於本文附錄。第六節是本文的結論與建議。

參、 技術簡介

JPEG2000 是一種基於小波標準(Wavelet-based Standard)為基礎運用在靜止影像(Still Image)壓縮的技術，以及其所衍生的其他應用。這個新的標準是由 ISO JPEG 委員會 (ISO JPEG Committee)所發展的，主要目的是強化 JPEG 的功能與效能，同時增加一些新的功能，使得數位影像檔案能夠應用在更高階的影像應用案例。JPEG2000 的壓縮技術是一種包含多層次 (multi-part)的壓縮架構、檔案格式家族、主從式架構通信協定，使得數位影像檔案可以用在許多高階的用途，例如地理資訊系統、醫療影像系統、數位電影、影像倉庫、網路影像存取等。靜止影像的壓縮只是整個架構的第一部分。JPEG2000 的主要特點包括[1], [2]：

1. 將影像檔案破壞性壓縮和非破壞性壓縮整合在同一個架構下。
2. 一個單一影像檔案可以衍生多種不同壓縮比的影像。
3. 漸進式呈現。
4. 多種解析度以及可縮放影像品質。
5. 處理大量與動態的影像(例如電影)。
6. 援更豐富的詮釋資料 (Meta-data)。

舉一個簡單的例子，假設我們有一個非常大的，超過好幾個 Gigabytes 的 JPEG2000 影像檔案，當使用者透過支援 JPEG2000 的檢視軟體開啟這個檔案時，即使網路頻寬不夠，這個軟體也可以及時地讓使用者看到解析度較低的影像，而且解析度會隨時間逐漸加強(漸進式呈現)。當使用者需要放大(ZOOM)或平移(PAN)到影像的某一部分時，檢視軟體還可以繼續將更多的數

位串流解碼，使得使用者得到高解析度、可縮放的呈現效果，而不會因為局部放大出現鋸齒狀或類似馬賽克的模糊失真效果。所以 JPEG2000 可以被視為是一種主從式架構通信協定，一個主檔案 (master image file, JPEG2000)，可以依照客戶(瀏覽器、影像檢視軟體)需求，提供不同解析度、不同尺寸、不同部分的呈現。所以，JPEG2000 是一種同時支援破壞性壓縮與非破壞性壓縮格式的架構與標準，因為這個特性，以後一個電子影像檔案，例如一頁文件的掃描檔案，只需要一個檔案就可以滿足不同的需要。而不必為了保真的考慮，準備一個非破壞壓縮檔案，例如 TIFF；為了存取效率，再準備一個破壞性壓縮檔案，例如高壓縮比的 JPEG 或 PNG。這種特點使得 JPEG2000 在儲存空間的節約與簡化影像檔案管理有相當大的優勢。

事實上，JPEG2000 在靜止影像處理與應用方面的優勢只是整個架構的第一部分所提供的，整個 JPEG2000 標準共定義了 14 個部分，其他部分有關的部分包括影片 (Part 3)、複合檔案(多頁，多檔案合併為一，Part 6)、安全影像檔案 (Part 8)、互動式影像檔案(Part 9)、三度空間影像檔案 (Part 10)、XML 的結構性呈現 (Part 14)。換句話說，JPEG2000 的企圖不僅僅是提升靜止影像檔案的功能與效能，而是將所有目前能夠想像到的高階影像應用同時納入單一架構。目前，在數位電影方面，JPEG2000 已經於 2004 年被訂為數位電影的影片編碼標準 (Video Encoding Standard)。由於對於解析度的高度要求，醫療影像也廣泛採用 JPEG2000 標準。

不過，天下沒有白吃的午餐，ISO 15444 (JPEG2000 標準在 ISO 的編號)是受專利保護的。幸好參與制定這個標準與開發技術的公司與團體同意釋出 Part-1 的使用權，也就是靜止影像的部分。 其他的部分，包括 ISO

委員會本身也提出聲明，關於 JPEG2000 仍有一些公司申請了可能有潛在智財權風險的"潛水艇專利(Submarine patents)"。不過根據英文版維基百科針對 JPEG2000 Part 1 專利權問題的說明，使用 JPEG2000 靜止影像的部分風險是零[2]。

肆、 電子影像檔案管理與應用模型

由 Schelkens 教授和 Skodras 教授於 2009 年出版的 The JPEG 2000 Suite 一書中舉出一個典型的，傳統的電子影像檔案管理與應用的模型，如圖 1 所示[3]。

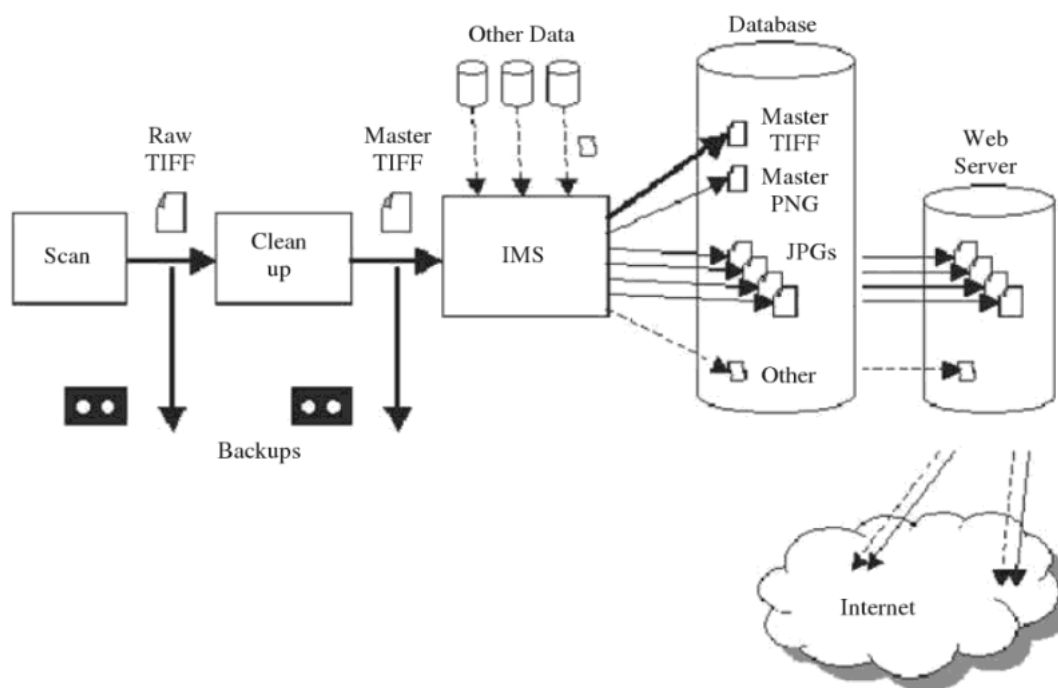


圖1 一種典型的電子影像檔案管理與應用模型

資料來源:” The JPEG 2000 Suite” , Editors: Peter Schelkens, et al.

圖 1 所呈現的模型，由左到右，說明如次。紙質文件經過掃描(scan)後，產生高解析度的 TIFF 檔案。這些 TIFF 檔案經過清理修正(clean up)後，儲存備份 (backup)，然後 TIFF 格式的主檔 (Master TIFF)加上其他資料(other data)，例如詮釋資料，儲存在影像管理系統 (IMS) 內。當使用者有線上調閱需求時，系統會依據網路環境與呈現需求，產生壓縮比較高，解析度較低的 JPEG 或者 PNG 格式的影像檔透過網路傳輸到使用者端。也

有可能產生尺較小的檔案做為縮圖 (Thumbnails)。TIFF 主檔解析度高是為了長期保存的不失真，可是因為檔案太大，而且有時使用者只是調閱整份文件其中的幾頁，而不是整份一檔多頁的 TIFF 檔。這種模式維持一個高解析度，通常是採用不失真壓縮技術 (Lossless) 壓縮的主檔，數個適用於不同應用需求，較低解析度，採用失真，破壞性壓縮技術 (Lossy) 壓縮的其他格式檔案，不但造成儲存空間以及運算資源的浪費，更容易形成管理上的問題，例如同一份內容，不同格式的版本一致性維持，清查等。

Schelkens 教授和 Skodras 教授另外提出一個採用 JPEG 2000 檔案格式的參考模型，如圖 2 所示。

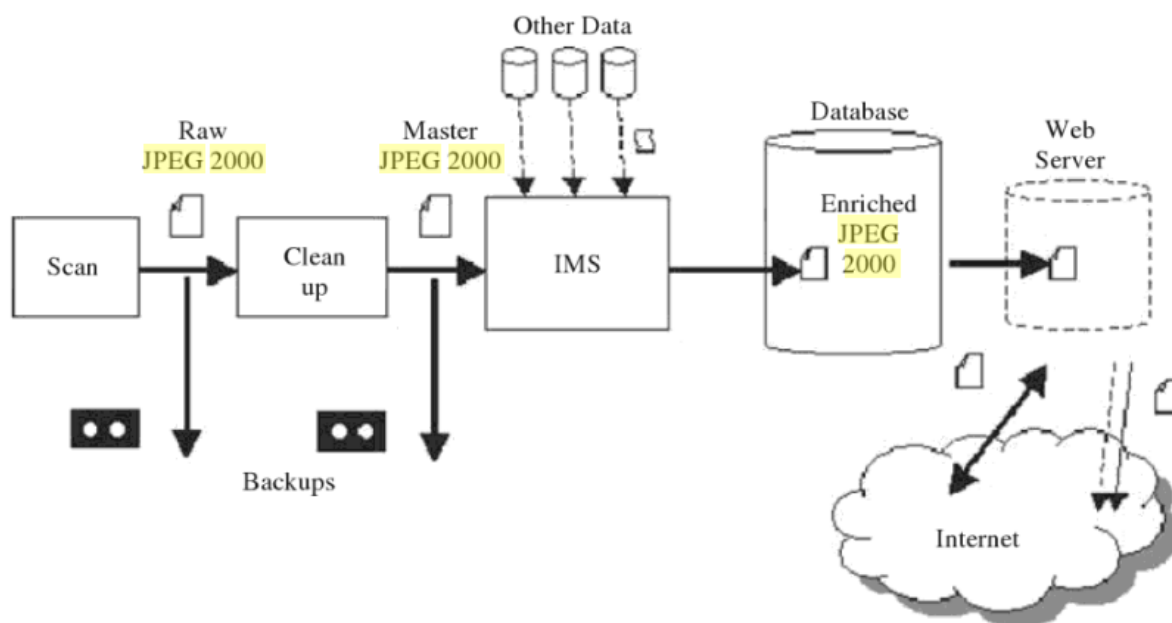


圖2 基於 JPEG 2000 的電子影像檔案管理模型

JPEG 2000 標準容許影像檔案內部儲存豐富內容的詮釋資料，而且是以 XML 格式型態。JPEG2000 也容許只將指定的部分開放給使用者，這種方式

可以使得在傳輸影像檔案時也可以同時傳輸有用的訊息，有助於，例如編目作業。除此之外，JPEG2000 檔案可以在高解析度，不失真色彩管理的環境儲存保管，而在有應用需求，需要轉換為較低解析度、較低品質、或只需要局部區塊時，可以飛快地轉換。所以，在圖 2 顯示，同一份內容的檔案只需要保存一個 JPEG2000 檔案，相關的詮釋資訊都可以完整地儲存在檔案內。另一個使用案例是浮水印的使用，JPEG2000 不僅可以處理作者與版權擁有者的資訊，也可以包含交易的資訊，使得影像檔案的所有權、版權、買賣紀錄等，可以被輕易地識別 [2]。

關於 JPEG2000 的缺點，我們彙整如下：

一、專利權的風險：除了 Part 1 之外，在使用上仍須注意是否有侵權以及必須負擔使用費的疑慮。但是如果應用範圍侷限於掃描的紙質文件，也就是只會產生靜止影像，則無須擔心專利問題，也不必負擔使用費用(除了一些商用軟體之外)。

二、支援的應用程式：常用的影像檔案軟體支援 JPEG2000 的比照表可以參閱 Wikipedia

https://en.wikipedia.org/wiki/JPEG_2000#Application_support，摘要分析如下：

(一) 絕大多數的知名影像檔案軟體都支援 JPEG2000 Part 1，例如 ACDSEE、Adobe P、AutoCAD、Coral Paint、GIMP、Ulead PhtoImpact、Irfan View、ImageMagick。在瀏覽器方面，除了 Safari 直接支援，Opera 安裝 QuickTime 外掛可以支援以外，市占率最高的 Google Chrome 和 Apache Firefox 目

前都不支援。當然各種應用程式支援度隨時可能更新，值得持續關注。

三、運算能力交換影像解析度：在 JPEG2000 網路聲浪討論，有一些反對的說法值得注意，就是有些人認為 JPEG2000 在獲得同時兼具破壞性壓縮和非破壞性壓縮，同時支援高解析度與低解析度時，事實上是犧牲了運算資源。也就是說在同一個 JPEG2000 Master 檔案要產生高/低解析度的影像輸出，需要相當的運算資源。因此不適用在使用量龐大，回應時間極短的情境。也有人認為，這種情境在檔案管理的領域是比較少見的，而且即使發生，也應該有技術可以解決。

伍、 國際與業界接受度

由前面的資訊以及分析看來，JPEG2000 無疑應該是未來的趨勢，但是國際社會怎麼看？尤其是在世界各先進國家檔案管理領域機構是否已經接受 JPEG2000 做為靜止影像的標準？我們做了一些搜尋與整理，表列於表 1。要特別提醒的是，有些資訊來源雖然是該機構的官方網站，但是資訊很久沒有更新，無法得知是相關法規一直沒改變，或者沒有更新。因此，應該持續關切這個議題，隨時更新相關訊息。

表 1 世界各先進國家(部分)檔案管理機構採用 JPEG2000 標準列表

國家	機構名稱	類別	接受度	備註
美國	NARA	Scanned Text	Preferred	資料來源
		Digital Poster	Preferred	
		Digital Still Images	Accepted	
		Digital Photographs	Accepted	
英國	A. R. A	Graphics Format		資料來源 未明確分類，僅列出 JPEG2000 的處理方式
澳大利亞	N. A. A	Raster Image	Preferred	資料來源
		Digital Video	Preferred	

荷蘭	National Archives of the Netherlands	Images	Accepted	資料來源
加拿大	Library and Archives Canada	Still Images	Preferred	資料來源
		Scanned Text	Preferred	
		Digital Photograph	Preferred	
		Digital Camera	Accepted	
		Digital Video	Accepted	
日本	National Archives Japan	Images	Accepted	資料來源 資料為 2010 年

此外，用於紙質文件的掃描設備支援 JPEG2000 輸出也是重要的指標，所幸的是，幾乎所有知名廠牌的掃描器，例如 Xerox、HP、Cannon、Epson、Kodak，以及我國的全友等廠牌都已經完全支援這個新標準。

陸、 檔案格式轉置實驗與心得

本實驗室為了驗證 JPEG2000 的轉置作業可行性，進行了一項 JPEG2000 與其他格式檔案之間的轉置作業實驗。目前支援 JPEG2000 codec 的套件、程式庫、軟體有很多。目前最廣為使用的 Open Source codec 是由比利時魯汶大學所開發與維護的 OpenJPEG，很多的衍生 Open Source，甚至商用軟體，都是以 OpenJPEG 為基底。OpenJPEG 於 2015 年被 ISO 和 ITU-T (ITU Telecommunication Standardization Sector，國際電信聯盟電信標準化部門)認證為參考軟體 (Reference Software)。

OpenJPEG 程式庫可以用在包括 C、Java、Python、PHP 等主流程式語言，進行轉置作業。本實驗室於實驗初期使用 Python 程式語言以及 Pillow 影像程式庫開發影像轉置程式，初步驗證確實可以順利完成 JPEG2000 與 JPEG 之間的檔案格式互轉。不過為了測試更多不同檔案格式的轉置，更有效率執行測試任務，我們改用影像處理最有名，功能最強大的 OpenSource 軟體 ImageMagick。ImageMagick 除了提供有使用者介面的套裝軟體之外，也提供以命令列 (Command Line)進行各種影像處理的作業，包括 JPEG2000 的格式轉置。

在針對 JPEG、單頁/多頁 TIFF、單頁/多頁 PDF/A、PNG 檔案進行轉置測試均能順利完成。轉置完成後的 JP2 檔案也經過兩種不同的檢視軟體，IMDisplay 和 Ulead PhotoImpact，逐一檢視，均能正常檢視。不過，依據本文第三節介紹的 JPEG2000 應用參考模型而言，檔案轉置測試最主要進行的應該是以高解析度的 JPEG2000 主檔案轉置為低解析度的 JPEG、PNG，以

及由高解析度的 TIFF 轉置為高解析度的 JPEG2000(未來如果考慮將 JPEG2000 納入檔案管理電子影像檔案檔案標準，可能有將大量 TIFF 檔案轉置為 JPEG2000 當作備份檔案的需求)。因為本實驗室目前沒有高解析度的 JPEG2000 檔案(例如直接由掃描器掃描紙質文件，並且將輸出檔案格式設定為 JPEG2000，以供測試)，目前這各項目尚未測試。建議納入未來工作項目執行。詳細測試紀錄請參閱附件 JP2 轉置實驗報告。

柒、 結論

在本實驗室團隊兩個月的研究，準備、測試、討論後，一致認為 JPEG2000 確實在技術與應用上具有相當的優勢與適用性，尤其是在同時兼具高壓縮比與低壓縮比、複合文件(一檔多頁)；安全 JPEG、內嵌 XML 詮釋資訊方面，對於長期保存、管理運用、資訊傳遞、智財權維護、完整性(Integrity)方面均有明顯的貢獻。尤其是第三節所提到的，基於 JPEG2000 的影像管理系統應用模型，我們認為是個非常有價值與啟發性的參考。

不過，在智財權方面必須慎重考慮，尤其是在前面提到的，例如複合文件(一檔多頁)、安全 JPEG (浮水印)、內嵌 XML 詮釋資訊等並不是定義在豁免的 Part 1 內，因此為了這些 JPEG2000 所提供的優勢要付出多少代價，目前不得而知，還需要進一步深入研究。另外一點值得注意的是，專利是屬地主義，換句話說，如果某項專利申請地在美國或歐盟，除了美國和歐盟不能侵權之外，其他國家地區使用並不違法。例如多年以前電腦安全的基礎 RSA 演算法是美國專利，但是當時歐盟不容許演算法申請專利，所以在歐洲使用 RSA 演算法並不侵權。此外，專利權是有時效性的，一般來說發明專

利有效期限是 20 年。JPEG2000 相關的專利有很多已經過期，或者即將到期。新申請的專利應該不會獲准，因為其相關技術已經公開揭露超過半年。不過這些研判僅為個人經驗，更嚴謹、更專業、更深入的研究與探討應由智財權專家負責執行。

轉置實驗部分僅進行各種影像檔案的轉置作業可行性，其他重要的議題，例如安全 JPEG，內嵌 XML 等，限於時間與人力，目前無法進行。建請檔案管理局納入整體考量。

捌、 參考資料

- 一、ISO-JPEG 官網：<https://jpeg.org/jpeg2000/>
- 二、[2] Wikipedia, JPEG2000:
https://en.wikipedia.org/wiki/JPEG_2000
- 三、[3] The JPEG 2000 Suite, Peter Schelkens and Athanassios Skodras, Wiley Online Library.

玖、 附錄：JP2 轉置實驗報告

一、實驗目的

以實機、實檔、實作方式測試 JPEG 2000 與其他格式的影像檔案交互轉置的可行性與效能，以做為電子檔案長期保存實驗室，以及相關應用參考。

二、實驗方法

(一) 轉置作業採用兩種操作模式進行：

(1) 採用 Open Source 的 Imagemagick 為轉置工具，利用該軟體提供的命令列 CLI (Command Line Interface) 執行方式進行轉置作業。

(2) 利用 C# 程式語言，引用 Open Source 社群開發之 Magick.NET (GitHub 代號 dlemstra/Magick.NET)，開發具有 UI 的測試工具進行轉置作業。

(二) 轉置作業所採用的電子檔案包括：

(1) JPEG 轉 JP2。

(2) TIFF 轉 JP2。

(3) PDF/A 轉 JP2。

(4) PNG 轉 JP2。

(三) 分別使用下列兩種軟體檢視轉置結果：

(1) ImageMagick 內建提供的 IMDisplay。

(2) Corel 的 PhotoImpack X3 (試用版)。

三、實驗步驟

(一) 下載與安裝 ImageMagick (版本編號 7.09 Q16 64-Bit)：下

載網址：<https://imagemagick.org/script/download.php>

(二) 蒐集不同格式的影像檔案，包括 JPEG、PNG、TIFF (單頁與多頁)、PDG/A。

(1) JPEG：

- A. 96 dpi 檔案四個，彩色照片。
- B. 300 dpi 檔案四個，文件與海報掃描。

(2) TIFF：

- A. 300 dpi 文字檔案四個。
- B. 300 dpi 簡報檔案四個。

(3) PDF/A：

- A. 單頁一個。
- B. 多頁一個。

(三) 啟用 Imagemagick 的 CLI，執行轉置作業，附上指令範例。

假設所有要轉置的影像檔案和轉置後的 JP2 檔案都儲存在與 Imagemagick 執行檔同一個路徑下。

(1) JPEG → JP2

轉換為 Lossless JP2，以下指令 -quality 100 表示使用 lossless 壓縮品質；

```
>magick convert wizard.jpg -quality 0 wizard.jp2
```

(2)TIFF → JP2：單頁或多頁都適用

```
>magick convert tif300dpiNpages.tif -quality 100  
if300dpiNpages.jp2
```

(3)PDF/A → JP2：單頁或多頁都適用，沒有設定 -quality，
預設值為 75(%)

```
>magick convert pdf2jp2.pdf pdt2jp2.jp2
```

(四) ImageMagick 完整的指令選項參數說明請參閱 MIT 教學網站。

(五) 轉置完成後紀錄結果，包括檔案內容描述、轉置作業是否成功、
轉置前後檔案大小。

(六) 分別利用 IMDisplay 和 PhotoImpack 開啟與檢視 轉置後的
JP2 檔案。

(七) 利用 C# 程式語言開發以 Magick.NET 元件為基礎的應用程式
(測試用簡易版)，進行前述轉置作業，以驗證該元件適用性與
延伸性。

四、實驗結果

結果速覽，所有轉置作業均成功，分別用 IMDisplay 和 PhotoImpack
開啟檢視也都正常，實驗數據如下表顯示。

項次	來源 格式	頁面 張數	檔案 大小	轉出 格式	頁面 張數	檔案 大小	轉置結果
1	JPEG	1 頁	76.5KB	JP2	1 頁	295KB	正常
2	TIFF(單頁)	1 頁	5.07MB	JP2	1 頁	2.89MB	正常
3	TIFF(多頁)	5 頁	22.3MB	JP2	5 個檔案 各 1 頁	1.43MB~2.14MB	正常
4	PDF(單頁)	1 頁	10.6KB	JP2	1 頁	197KB	正常
5	PDF(多頁)	6 頁	743KB	JP2	6 個檔案 各 1 頁	301KB~980KB	正常

(一) JPEG 轉 JPEG2000



圖3 轉置前檔案檢視：JPG



圖4 轉置前檔案檢視：JP2

(二) 單頁 TIFF 轉 JPEG2000



圖5 轉置前檔案檢視：TIFF(單頁)

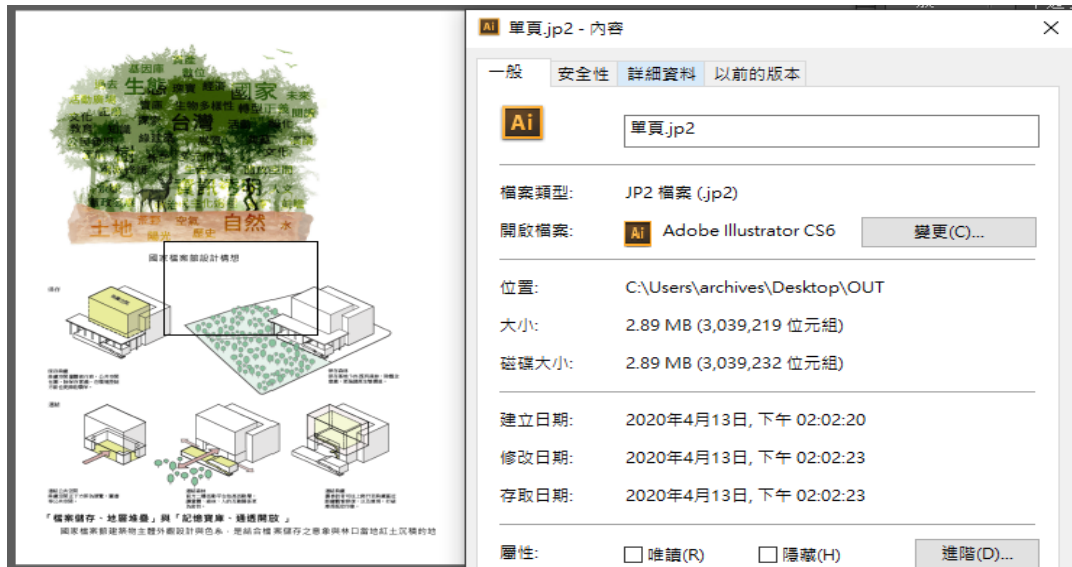


圖6 轉置前檔案檢視：JP2(單一檔案)

(三) 多頁 TIFF 轉 JP2



圖7 轉置前檔案檢視：TIFF(多頁)



圖8 轉置前檔案檢視：JP2(多檔案)一



圖9 轉置前檔案檢視：JP2(多檔案)二



圖10 C# 整合 Magic.NET 開發 Window-Based 應用程式也能順利完成所有前述作業，請參閱此圖呈現簡單的使用者介面。

(四) PDF/A 轉 JP2



圖11 轉置前檔案檢視：PDF/A(單頁)

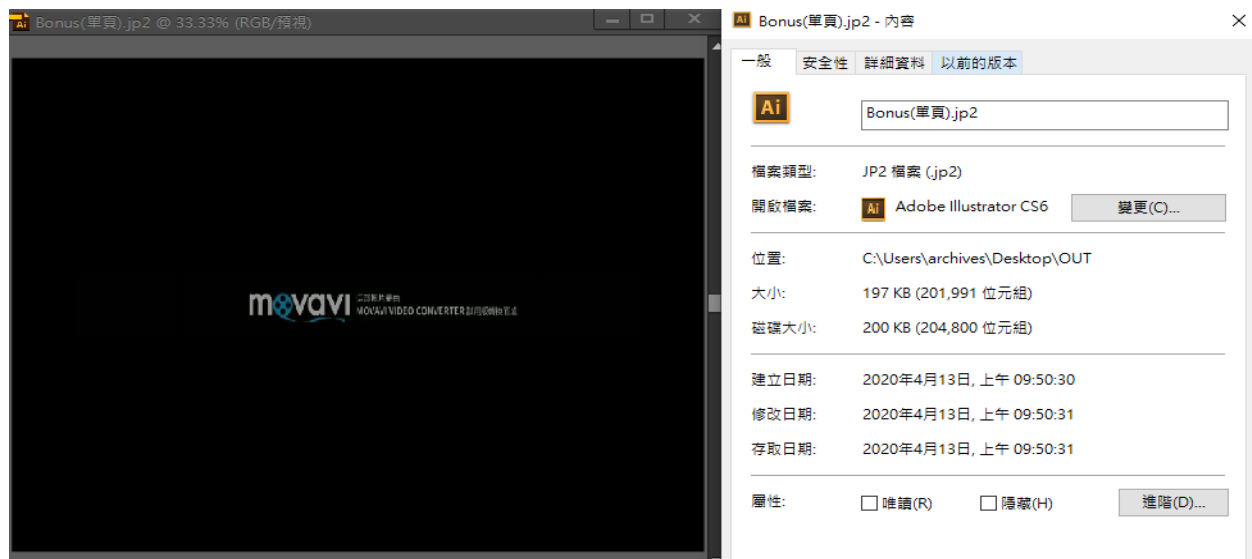


圖12 轉置前檔案檢視：JP2(單一檔案)一

該檔案聲稱符合 PDF/A 標準，且以唯讀模式開啟，以避免遭到修改。



圖13 轉置前檔案檢視：JP2(單一檔案)二

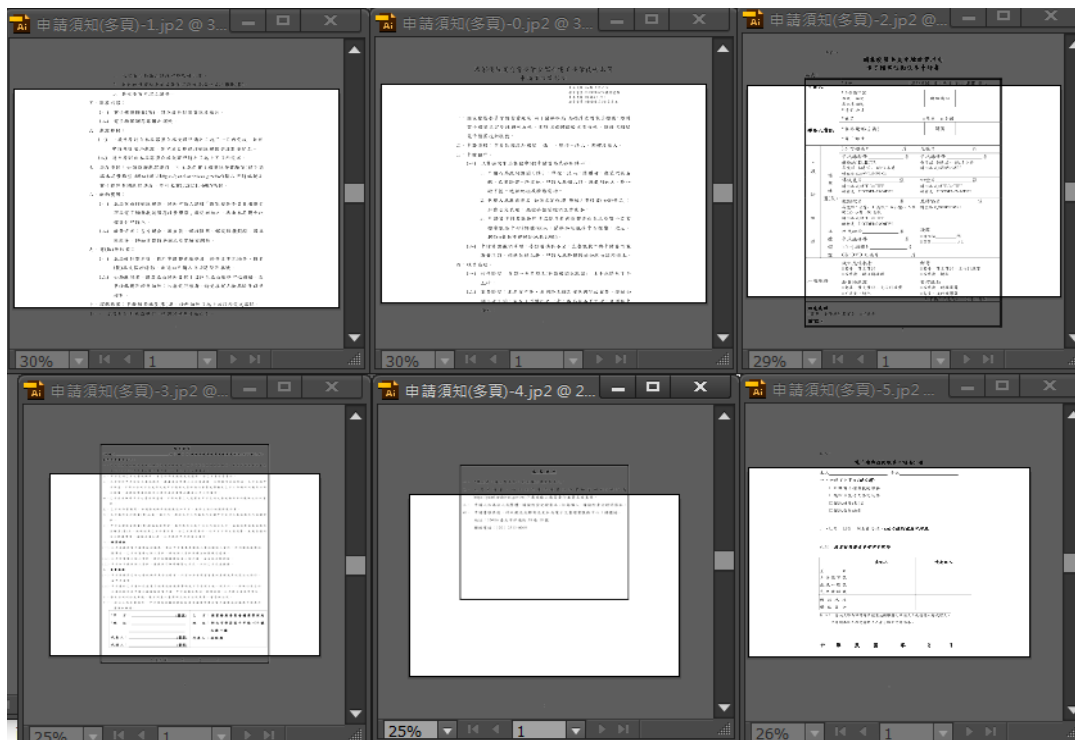


圖14 轉置前檔案檢視：JP2(單一檔案)三



圖15 轉置前檔案檢視：JP2(單一檔案)四



圖16 轉置前檔案檢視：JP2(單一檔案)五

五、實驗結論

本實驗使用 ImageMagick 應用程式內建的命令列轉置工具，以及開放原始碼社群的 Magick.NET(二者其實源自同一個組織，只是後者將 ImageMagick 內的元件包裝成 DLL 發布)分別針對 JPEG、TIFF、PDF/A 不同解析度與單頁/多頁(TIFF 和 PDF/A)的檔案進行轉置為 JPEG2000 (JP2) 檔案格式的技術性測試，所有測試均正常。

轉置完畢後，所有 JP2 檔案分別用 IMDisplay 和 PhotoImpack 開啟檢視，所有檢視均正常。