

當 3D 掃描科技遇上藏品： 臺博館藏品 3D 掃描紀實 與觀察分享

3D Scanning and Collection: 3D Scanning Project and Observation of National Taiwan Museum

陳韻如 | 國立臺灣博物館研究組

Chen, Yun-Ru | Research Department, National Taiwan Museum

臺博館 3D 掃描進程

隨著科技技術演進，數位化技術不斷發展及創新，3D 數位化博物館藏品已不是新話題；自 2016 年，國立臺灣博物館（以下稱臺博館）與臺灣創意經濟產業發展協進會簽訂合作協議，進行 3D 掃描及建模計畫，由該會提供 3D 掃描及建模的工作資源，初期以文創應用角度嘗試，挑選具文創開發可能的藏品進行掃描，如臺博館大門口的銅牛與動植物學門代表標本等作為掃描標的，雖然該年技術、設備尚未成熟，此次合作已足夠提供館內人員在藏品後續規劃 3D 掃描上的經驗理解。

隔年 2017 年，臺博館植物學門研究人員以掃描式電子顯微鏡 (Scanning Electron Microscope, SEM)，掃描種子樣本表面高低變化與微細構造之表面呈像依據的研究成果，於臺博館 2 樓迴廊展出「種子美術館特展」，該展透過多角度拍攝種子影

像，結合所有小至 1 公釐到 1 公分的蔬果種子拍攝影像合成與後製，經 3D 建模作業成為立體模型，再運用 3D 列印方式，將種子模型列印成人眼可見的大小進行展出，並結合文創品開發設計成人體可手抱大小的抱枕產品（汪良奇等，2017）。

2017 同年，臺博館啟動「騰雲號蒸汽火車頭調查研究案」計畫，以清朝在臺留存最早之「騰雲號」及由日軍帶至臺灣之「臺鐵九號」兩座重要火車頭為掃描對象，此次主要使用基站式雷射掃描儀執行掃描作業，火車頭重點位置如駕駛艙、銘板、零件號碼及重點構件等，再輔以手持式雷射掃描儀進行重點掃描、蒐集資料。由於火車頭為量體偏大之物件，且火車頭本身較黑的塗料及反光折角，造成雷射資料不易擷取，為求點雲資料量完整性，且未來可能爭取指定「騰雲號」為國寶，特委請文化部文

化資產局文化資產保存研究中心技術諮詢，更提供關節臂測量機器設備，以補足點雲資料量不足情況，希能產出符合數位典藏等級之原始掃描點雲資料，並依未來可能規畫應用，如原尺寸、原比例複製，AR與VR應用，運用於動畫製作等，產出盡可能合乎需求之3D模型檔案。

2018年，臺博館配合文化部「臺灣行卷—博物館示範計畫」，同時啟動臺博館建築與藏品3D掃描，其建築3D掃描計畫針對臺博館本館與古生物館（原土銀展示館）室內及建築本體外觀，為臺博館首次針對場域進行全面性大規模的3D掃描建模工程，更針對建築內部之重點裝飾性部位，採用移動式工作站、搭設鷹架進行臺博館大廳精細掃描，

建築外觀包含羅馬式圓頂及屋頂結構、山牆等，更採取無人空拍機進行資料蒐集，綜合運用雷射基站式與手持掃描、空拍及攝影建模技術完成（呂錦翰，2019）。

在執行此項計畫3年期間，臺博館各學門研究人員分別於2018年擇選70組件人類學、動物學、地學藏品，2019與2020年各30件人類學藏品進行藏品3D掃描建模。由此發現，自2016年開始臺博館分別由同組室的專業分工進行各式類型之3D掃描，本文則為筆者觀察記錄臺博館自2018年起3年間所開啟的藏品3D掃描及建模計畫為案例，文雖屬工作紀錄，但期以此分享說明臺博館執行典藏藏品3D掃描工作始末的經驗與初窺探究。

挑選掃描標的原則概述

2018年，依經費分配執行選擇人類學門48組件、地學門12組件、動物學門10件等共70組件藏品；臺博館優先擇選進行3D掃描建模工作之典藏藏品，起初主要為預期藏品典藏查詢系統點擊率較高，具商業授權價值、高授權率圖檔之藏品，且藏品品項尚佳、具研究價值，或以展覽展出之典藏藏品為原則選出。

其中，動物學門含甲殼類的鬣標本，雲豹、石虎頭骨標本，水獺、儒艮、3隻雲豹等哺乳類皮毛剝製標本，儒艮、亞洲象等骨架標本，而同隻儒艮的骨骼與皮毛剝製標本一併在此次執行。地學類掃描範圍，有長毛象化石、德氏水牛與早坂犀復原模型等大型骨架，小型貝類與岡本要八郎採集之重要礦石，如北投石等。最大宗的掃描選件則為人類學門藏品，包含具臺灣集體記憶的銅牛，多元材質的

各原住民族群帽飾系列與皮製服飾，原住民人偶則選自「世界人類風俗人偶」一環之日本「博多人偶」系列作。

接著，2019年與2020年再執行人類學門30件藏品，除了正於本館3樓常設展「發現臺灣」展出之藏品，並以規劃未來應用之角度，優先選擇預計在2樓常設展「博物臺灣」之「浮生臺灣」展廳展出的臺灣木質類原住民藏品，有木雕人像、祖先雕刻屋柱、立柱、船首守護神等，與木盾，木枕、連杯等中小型藏品，與前年度比較皆為相對單純的木製材質；以及2020年執行兒玉源太郎總督與後藤新平銅像，與王秀杞於2006年根據丘雲「臺灣原住民群像」石膏像原作翻銅鑄造之大型等身原住民銅雕作品，及部分較中小型金屬製、木製等藏品掃描，3年計畫所執行的類型與數量，如表1。

表1 2018至2020年執行3D掃描藏品之類型與數量

年度	學門	類型	數量	總計
2018	地學	礦石	4	12
		化石(長毛象骨架)	1	
		貝類	5	
		復原骨架	2	
	動物學	骨骼標本(骨架)	2	10
		骨骼標本(頭骨)	2	
		剝製標本	5	
		甲殼類	1	
	人類學	原住民帽飾	30	48
		原住民皮製服飾	2	
原住民陶製人偶		14		
銅雕		2		
2019	人類學	原住民木雕	29	30
		歷史類木雕	1	
2020	人類學	翻銅鑄造作品	20	30
		銅雕	2	
		神社銅犬	1	
		青銅鑄像	1	
		銅製樂器	3	
		木雕製品	3	
130				

綜歸而言，臺博館以重要藏品：如模式標本、重要採集標本等；或為明星展品：如亞洲象阿沛、早坂犀牛復原骨架；或系列主題性：如原住民族帽飾、原住民銅雕及原住民人偶等；或常設展展出及預計展出展品：如原民木雕，作為基礎，加以挑選執行3D掃描作業。

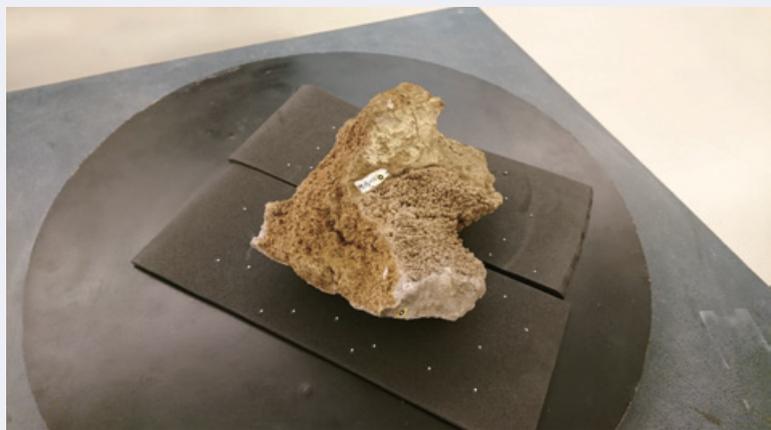


圖1 北投石標籤定位點

掃描作業流程

執行掃描作業前，博物館需先考量藏品的儲存位置，展場、庫房、戶外或是借展中都會影響掃描及取件順序，不同類型藏品存放於不同庫房，基本上分批執行各學門的藏品，再基於藏品管理之取件與保護要求，掃描時，盡量同批執行掃描同性質的藏品，減少機器或設備裝置的移動，以維持步驟的穩定。

承攬臺博館 3D 掃描案之廠商再依據該公司代理產品，擇選適合臺博館藏品特性之機器，掃描階段採取藍光光柵式之非接觸式光學 3D 掃描系統執行，並因藏品大小與特性緣故，另選定光學式三次元 3D 座標量測系統輔助配合執行掃描作業，以取得典藏藏品數位資料。

3D 掃描作業之優點為以非接觸藏品方式進行，但因 3D 掃描主要是以小範圍區域掃描，再透過將各區域的資料結合，而成立體的掃描資料；雖可抓取特徵做為定位點，但對掃描機器而言，部分藏品屬無明顯特徵，如皮帽，因而固定點位提供機器擷取對位標誌即十分重要。為便利掃描過程及其精細

度，掃描前藏品需要被黏貼標籤定位點（圖 1、2），而為保護藏品不受原廠標籤點的沾黏特性損傷，則先將標籤點黏貼在無酸膠帶上，透過無酸膠帶作為中介，再觀察掃描物之狀況。選擇藏品安全且明顯、清楚的位置，黏有無酸膠材之標籤點方可附著於藏品，但須注意黏貼位置不能遮蔽藏品之重要特徵，影響 3D 資料的擷取；視藏品大小與一次的掃描範圍而定，須至少 3 至 4 個定位點標識，作為黏貼位置的主要考量。

因 3D 掃描技術限制，必須確定藏品在掃描期間或轉換角度時，會維持原樣態、不能變形，保持其一體成形之貌；為軟件則需另行加強固定、支撐，確保其藏品穩定性；為收集最完整 3D 資料，必須採取最少遮蔽卻最穩支撐的原則（圖 3），作業時，藏品固定與持拿，均由專業修復師或文保人員根據藏品狀況調整，隨後進行掃描。

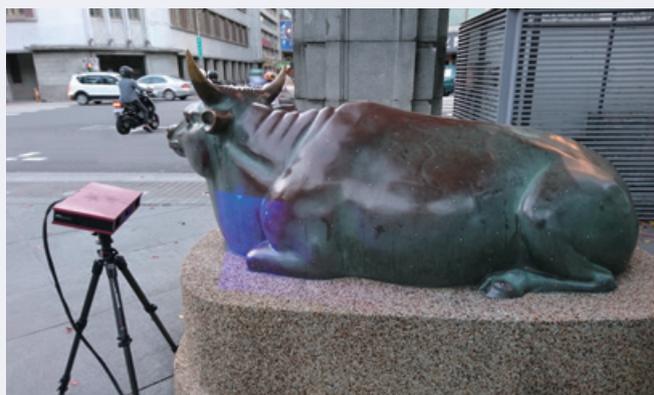
掃描時視該次進行的藏品大小而定，若藏品較大型，會先使用藍光光柵式鏡頭 500 公釐機器或光學三維 3D 座標量測進行標籤點定位，如長毛象、



圖2 銅牛標籤定位點



圖3 軟件藏品固定



a	b
c	d

- a. 圖4 銅牛光學三維3D座標量測掃描
- b. 圖5 銅牛藍光光柵式掃描器掃描
- c. 圖6 取得銅牛大量影像
- d. 圖7 取得早坂犀大量影像

亞洲象、銅牛等（圖4）；反之，藏品體積較小，會忽略此步驟。再以藏品大小，配合選擇適當的藍光光柵式鏡頭45公釐、80公釐、135公釐、200公釐、300公釐不等之掃描器型號進行掃描（圖5）。該掃描器屬於藍光光學定焦設備，設備利用藍光產生光柵照射於藏品，即時取得藏品掃描資料，工作人員須立即確認藏品是否有掃描盲區，反光材質是否影響，或黑色塗料材質等，皆有機會造成3D資料的不完整，工作人員必須逐一檢視資料不足之處，並現場判別掃描資料品質，以減少須再次移動、取出藏品及掃描的風險。

然因此掃描儀無法擷取色彩資訊，為使掃描完成之影像擁有最貼近原始藏品之樣貌與材質，必須現場針對藏品進行拍攝。首先評估現場光源，確認是否會造成反光，之後開始校正現場顏色，以色卡作為校色基準。若現場光源造成藏品嚴重反光，如金屬製品原住民銅像，或藏品本身即為反光材質，如達悟族銀盃，會將藏品置入小型攝影棚內或以白布作為背景之簡易攝影區拍攝。執行期間，有部分藏品為常設展正展出的展品，則惟能選取背景較乾淨、有利後續去背作業、材質貼圖接合方便且光線充足之位置；接著，便是利用單眼相機進行照片的取得（圖6、7），取每個角度的大量影像，獲取藏品最完整的照片資料，作為後續影像貼圖結合的材質素材。不同藏品的掃描與拍照步驟，則視該藏品對拍照或掃描而有不同難易程度、流程規劃及空間使用配合互有前、後差異，並無硬性規定何步驟須先行之理。

表2 鄭成功雕像最終檔案達成情形

藏品名稱	館藏編號	尺寸(公釐)
鄭成功雕像	AH001233	370*500*170
掃描使用設備	文物標籤定位點	掃描張數
atos core 200 / core 300 / core 500	99	94
檔案大小 MB (STL)	高模面數(OBJ)	低模面數(OBJ)
322	5,748,203	818,711



圖8 掃描原始資料截圖

待完成掃描工作後，現場便可看見藏品的3D模型雛型，後續的3D資料編修及3D建模作業亦是耗時的作業流程，須將掃描資料導入3D修模軟體Freeform或ZBrush進行編輯修復，接下來再進入材質也就是顏色的製作等後製處理流程作業，最後方產出模型。

奠基於希望未來可廣泛運用的原則，以臺博館第3年的案例來說，博物館設定檔案規格為高階與低階模型：高階模型檔案面數規格至少達500萬三角面或四角面以上，惟若表面積在150平方公分以下者，雖不受此規範，但須達該尺寸最大數，或需經館方認定依文物特徵及細節判準；低階模型檔案

面數規格則至少30萬三角面或四角面，作為驗收標準，以鄭成功雕像為例，除鬍鬚外之掃描原始資料堪稱完整(圖8)，數位修復亦少，後續製程則另數位重建鬍鬚，且修復鬍子模型及貼圖，最終檔案達成情形，如表2。

掃描工作過程觀察記錄

3D掃描主要是針對藏品的表面起伏進行量測，並將量測結果記錄、保存，就如同另一種量測的照相機，記錄物體的三維資訊，其優點在於能擷取藏品表面本身最完整的典藏資料，但因設備與技術限制，而有許多挑選條件。因受限於光學原理，針對反光及透明材質藏品，如具結晶之礦石等，無法有效進行反射，可能無法有效擷取資料；在執行礦石掃描時，就有多件發生3D資料不完整的情形。另顏色黑色或偏深的深紅色，也可能無法有效擷取完整資料。

受遮蔽的容器內部或標本腹角等外型，亦屬於一般3D掃描設備無法擷取的範疇，如部分貝類與動物頭骨的盲區。或為較薄、細碎的材質、外型如毛髮，也可能影響擷取，如剝製的雲豹標本其資料便不十分完整；及帶有毛髮的原住民皮帽或鄭成功

雕像等，便也須利用後製來復原毛髮；或若本身藏品腐朽造成材質破碎，如船首守護神，其背部狀況已嚴重腐朽，不易取得最真實的 3D 資料，其模型也不甚完整。但 3D 掃描建模精細的量測技術，也可能記錄無法以肉眼輕鬆觀測到的部分，掃描完成的原住民木帽，發現其為木頭的年輪資訊也被保存下來，因 3D 建模的記錄能力，方才有機會發現此資訊。

臺博館 3 年執行計畫的選件，除了位於庫房內外，有部分位於常設展或是戶外空間，如臺博館大門口的兩隻銅牛，因處戶外，其光線亮度也影響機器的掃描作業，故選擇接近傍晚的下午，趁光線充足時先進行拍照，收集完整貼圖資料，再於光線不那麼強烈並接近晚上時掃描；但因路口有大型車輛經過，造成環境震動，甚至是風速也會影響機器掃描，執行時，便只能不時地觀察、暫停並避開環境因素來掃描，所幸成果尚佳，銅牛身上的地圖資料也完整被保存下來。

而若為正展出的展品，則選擇每週一的休館日時間進行掃描，3 樓常設展展出藏品及標本便是以此法執行；但如亞洲象阿沛當時恰為「小心！象出沒！」象群特展展品期間，因量體頗大，至少需要 3 個完整週一執行，且黏貼標籤點後，無法在一天內完成掃描，但因考慮觀眾參觀而不採用暫時封閉展區分區，只在現場擺放正在執行掃描，故骨架上有許多標籤點，須請觀眾見諒的標示牌，使掃描作業順利進行；長毛象則在古生物館常設展人潮來往較多的位置，但其位置沒有掃描作業所需足夠的工作空間，因而採取搬遷至古生物館 3 樓簡報室，異地再行組裝掃描，原展示區也以長毛象正出公差掃描的標示方式；綜合考量因博物館屬開放參觀空間，為減少對觀眾造成參觀影響及將人為因素降至

最低，而採取有上述不同方式來進行。

而前述的大型骨架如長毛象、亞洲象、早坂犀復原骨架等 5 件藏品，執行掃描時，因量體大，除掃描空間是一大需求外，也會因 3D 掃描機器測頭的焦距有其約略 70 公分限制而發生景深問題，便須不停轉換較佳的掃描位置來避免，或多次掃描重疊位置，使其獲得更完整之掃描資料。

而執行標的中，也選擇了部分相對較柔軟，極可能於掃描過程中或翻轉後變形之藏品，如各式帽飾、牛皮甲、木盾等，便須於藏品固定時注意，確認其穩定位置，最佳狀況是減少翻轉，以固定位置一次完成掃描，若一定需要翻轉，則要確定該藏品沒有變形。但如木盾掃描時，因其中間是以脆弱之繩結網綁，無論是如何墊高固定，期能一次掃描完成獲取完整資訊，或是翻轉後必會影響其開合角度，最終，以增加定位標籤點的方式，正反視為兩物件，使反轉後能以抓取定位點位置進行資料套疊結合而成。

惟因研究人員對於 3D 掃描有著期待與願景，故此 3 年掃描件數雖僅執行 130 組件，範圍涵蓋之廣，從動物的大型骨骼標本、剝製標本，到身體表面的毛髮，或動物的節肢屬性，礦石的反光材質，或人類學門帽飾與服飾的柔軟特性，及多元材質、皮毛裝飾，或所選藏品因時間因素，造成表面金屬或木頭、彩繪材質的不穩定或腐朽，都在考驗 3D 掃描作業執行。選擇館藏藏品掃描時，藏品本身之相關條件受限於 3D 掃描技術限制因素，甚至對於技術的理解差異，實際可掃描的物件與研究人員預期存在落差，其距離不小，因而掃描標的的 3D 掃描適用性需要進行全面思考，讓距離除可以隨著技術進步與工作流程改變縮短外，減少選擇不適

藏品的機會；而此3年漸進累積之經驗，均可延續至下一年度的工作時，面臨選擇標的類型，進而理解修正。

然而臺博館3D作業尚須以委外招標的方式執行，我們雖明白針對目的和不同藏品條件應選用適合之設備技術，但因各廠商的專業能力與執行方

式差異不小，無法要求單一廠商的技術可全面涵蓋所有樣本標的；如何評選合適的廠商進行作業，臺博館從需求面進行深入思考的掃描目的，優先擇選了使用光學掃描儀器的廠商，而非攝影測量(Photogrammetry)方式，作為專案執行，希望可針對藏品進行高精度的數位典藏，以便未來於展示，抑或推廣方面，有更多可能性的空間。

3D 掃描的未來呢？

3D掃描作為數位典藏的重要技術，相較於過往以2D平面影像紀錄為主的數位保存，門檻雖略高，但3D掃描能詳實地記錄藏品的表面起伏、立體資訊及紋理材質等，典藏利用3D技術完整記錄藏品之3D數位資料，讓其資料能直接應用至保存、研究、展示、推廣教育等各項博物館工作上，研究者、不同館舍甚至一般觀眾可以在不接觸藏品、減少移動及損害風險下，直接使用3D數位檔案進行拖曳、翻轉、放大等動作瀏覽藏品的各部分細節、探究深度藏品資訊或量測等方式利用3D檔案，落實多元文化平權的目標，甚至可進一步使用數位修復的方式復原、重建藏品遺失的資訊。

目前國內的國立臺灣史前文化博物館已建置有3D數位典藏庫，國立臺灣歷史博物館典藏網也設置3D數位化專區，均提供3D建模成果，讓使用者可線上720度翻轉瀏覽、近距離觀察藏品；國外甚至

已有App發展擴增實境觀看藏品，或透過頭戴式眼鏡之虛擬實境觀賞等運用3D檔案案例。完成這些重點藏品的3D掃描之後，雖尚未見臺博館對於3D掃描資源的廣泛運用，但已陸續參考國內外案例，除增加3D建模成果的展現，期待在未來發展擴增實境技術時也能運用。

此外，以活化藏品典藏資料角度，不僅可以進行3D列印，製作供觸摸觀察的展品、打造文創品，拉近與一般觀眾的距離；抑或提供建置虛擬無牆博物館數位展示與策展素材，藉由高精度的3D檔供觀看各角度細節或提供數位深度學習內容；甚至可參考典藏圖像資料使用收費基準或數位典藏圖像授權作業要點，透過討論開放數位3D管理，編訂3D版權授權辦法，期待開放授權藏品3D檔案範疇，達到博物館藏品近用，提供資源使用之多方合作，作為數位典藏資源同業與異業加值運用之開端。

延伸閱讀

- 葉長庚(2019)。博物館3D技術的應用與觀察。臺灣博物季刊，38(2)，28-33。
- 呂錦翰(2019)。想像中的虛擬殿堂——臺博館3D掃描歷程與運用分享。臺灣博物季刊，38(2)，34-39。
- 張舜孔(2013)。3D掃描技術應用於文化資產之適用性討論。文化資產保存學刊，26，63-78。
- 蔡育林(2015)。立體掃描在文物保存研究之應用初探。文化資產保存學刊，37，7-21。
- 汪良奇等(2017)。種子美術館。臺北市：國立臺灣博物館。
- 107-109年度藏品3D掃描建模案結案報告書(未出版)。