

「透視象牙球工作坊」紀要

■ 胡櫨文整理

本院於 2019 年與荷蘭阿姆斯特丹國家博物館以及荷蘭數學和計算機科學研究院共同合作，運用電腦斷層掃描以及 3D 影像重建技術研究象牙球製作工藝。荷蘭國家博物館與荷蘭數學和計算機科學研究院自 2016 年起即投入該項研究，並於 2019 年 6 月 6 日於本院發表其研究成果。此項合作為兩館首次的科學檢測研究合作，由國立故宮博物院文物科學研究實驗室團隊進行電腦斷層掃描，並藉由荷蘭的 3D 影像重建技術協助國立故宮博物院器物處解開象牙球製作工藝技術的秘密。2019 年 12 月 12 日於北部院區正館 B1 多媒體室舉辦「透視象牙球工作坊」，呈現以上合作的階段性成果。



圖 1 | 學者合照 器物處提供 陳守昱攝

象牙球為本院著名收藏，透過電腦斷層掃描和 3D 影像重建，幫助研究人員釐清象牙球的製作工藝，為本院與荷蘭阿姆斯特丹國家博物館（Rijksmuseum Amsterdam）及荷蘭數學和計算機科學研究院（Centrum Wiskunde & Informatica Amsterdam，以下簡稱 CWI）結合數位科技於人文研究的最新合作成果。「透視象牙球工作坊」不僅分享以上成果，同時藉由討論促進國際學術交流，冀能全面帶動科學及數位科技在博物館收藏與研究的運用。（圖 1）

院長致詞——數位科技與人文藝術的結合

本次工作坊由國立故宮博物院吳密察院

長致歡迎詞揭開序幕。吳院長從觀眾於陳列室觀賞象牙球的共同經驗出發，道出一般觀者在僅能看到象牙球外觀的情況下，驚嘆其層層套球的工藝精湛技巧之餘，難免不解此項工藝如何製成的提問，藉此帶出數位科技對於人文研究幫助的可能。國立故宮博物院與荷蘭阿姆斯特丹國家博物館及 CWI 合作，在研究團隊的努力下，逐步以電腦斷層掃描結合影像重建的數位科技，解開象牙球各層樣貌之謎。（圖 2）本次工作坊為該合作案階段性成果的展現，吳院長並期許，藉此合作契機，國立故宮博物院能夠為數位科技與人文藝術結合做出貢獻。

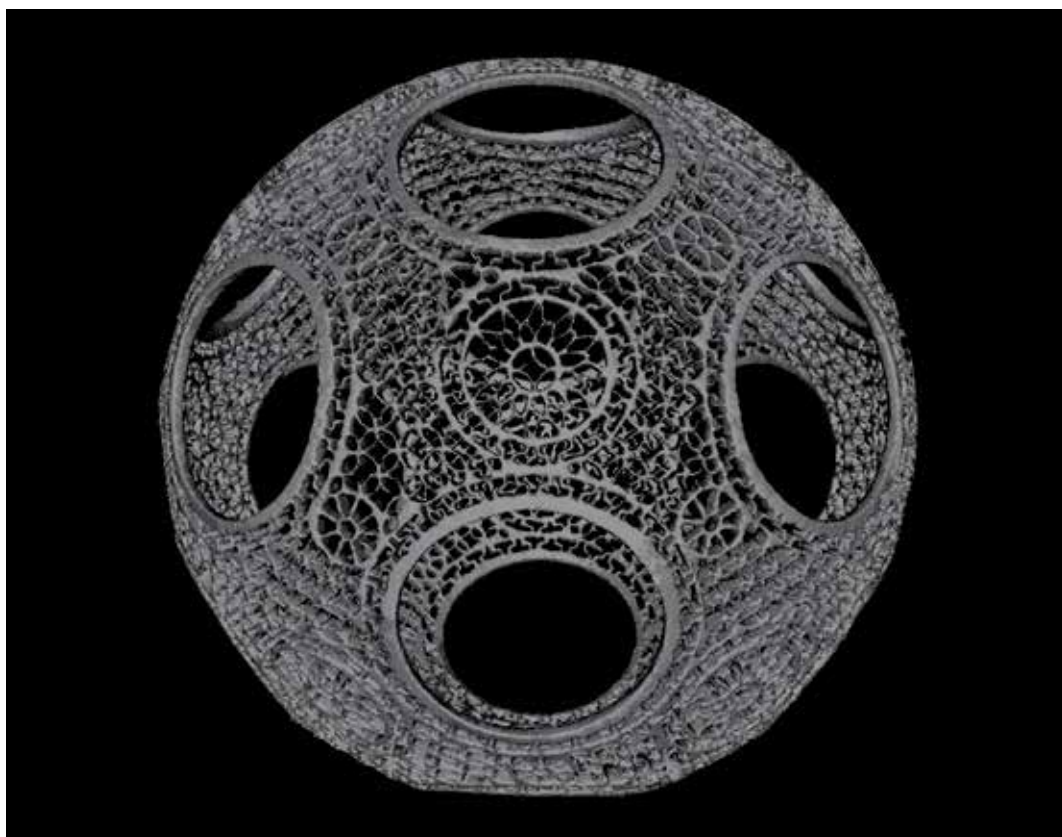


圖 2 | 清 19世紀 廣東 鏤雕象牙雲龍紋套球 第2層象牙球 電腦斷層重建影像 王靜靈、Robert van Liere提供

清十九世紀廣東〈鏤雕象牙雲龍紋套球〉的 3D 影像重建及相關議題

本次工作坊首場為雙方研究團隊共同合作成果的首次發表，由國立故宮博物院副院長兼器物處處長余佩瑾主持，荷蘭阿姆斯特丹國家博物館研究員王靜靈及 CWI 高級研究員 Robert van Liere 共同發表，題為 *Seeing-through the Ivory Balls in the Collection of the National Palace Museum*（〈透視象牙球——以國立故宮博物院館藏為例〉）。王靜靈博士曾為普魯士文化遺產基金會柏林國家博物館亞洲藝術館暨民族學博物館的中國藝術部主任及馬普研究院（Marx-Planck-Institut）佛羅倫斯藝術史研究所（Kunsthistorisches Institut in Florenz）的項目研究員。其研究興趣主要為中國文人畫、明清宮廷藝術，及十七至十八世紀中國與歐洲之視覺與物質文化的交流等議題。



圖3 | 清 19世紀 廣東 鏤雕象牙雲龍紋套球 國立故宮博物院藏

而 Robert van Liere 教授現任 CWI 高級研究員，帶領 CWI 視覺化及虛擬實境研究群，同時於埃因霍溫理工大學（Technical University in Eindhoven）任教，亦是電機電子工程師學會（IEEE）及 Eurographics 的成員。該場次發表為本次象牙球掃描暨影像重建合作項目的階段性成果呈現，以國立故宮博物院藏清十九世紀廣東〈鏤雕象牙雲龍紋套球〉（圖3）為例，呈現了本合作案以非侵入性之電腦斷層掃描方式蒐集數據、解析該象牙球的過程。深入介紹該象牙球共 23 層每層的影像、裝飾紋樣，與影像中顯示的工藝製作細節。（圖 4～8）強調該象牙球保存狀況良好，僅在局部出現工匠製作的失誤；同時以電腦斷層掃描蒐集的數據，測量 23 層象牙球各層的半徑

與厚度，精準度可達毫米（mm）。另外，因該象牙球直徑 12 公分，可確知其為非洲象象牙所製。

藉由影像重建，王靜靈與 Robert van Liere 復原該象牙球雕刻所使用的工具，包括雕刻刀的尺寸、形狀，並推測象牙球的製程；同時期許未來蒐集更多象牙球掃描的數據，以透過比對製作痕釐清象牙雕工匠或工作坊的不同風格。他們也提出將虛擬實境（VR）、3D 列印運用於相關展示的展望。

在發表後的討論提到電腦斷層掃描的精確度問題，Robert van Liere 教授說明本次測量使用 micro-CT，較一般醫療用的斷層掃描更細緻，誤差在 1 毫米以內。另外，談及製作工序問題時，國立臺灣大學藝術史研究所

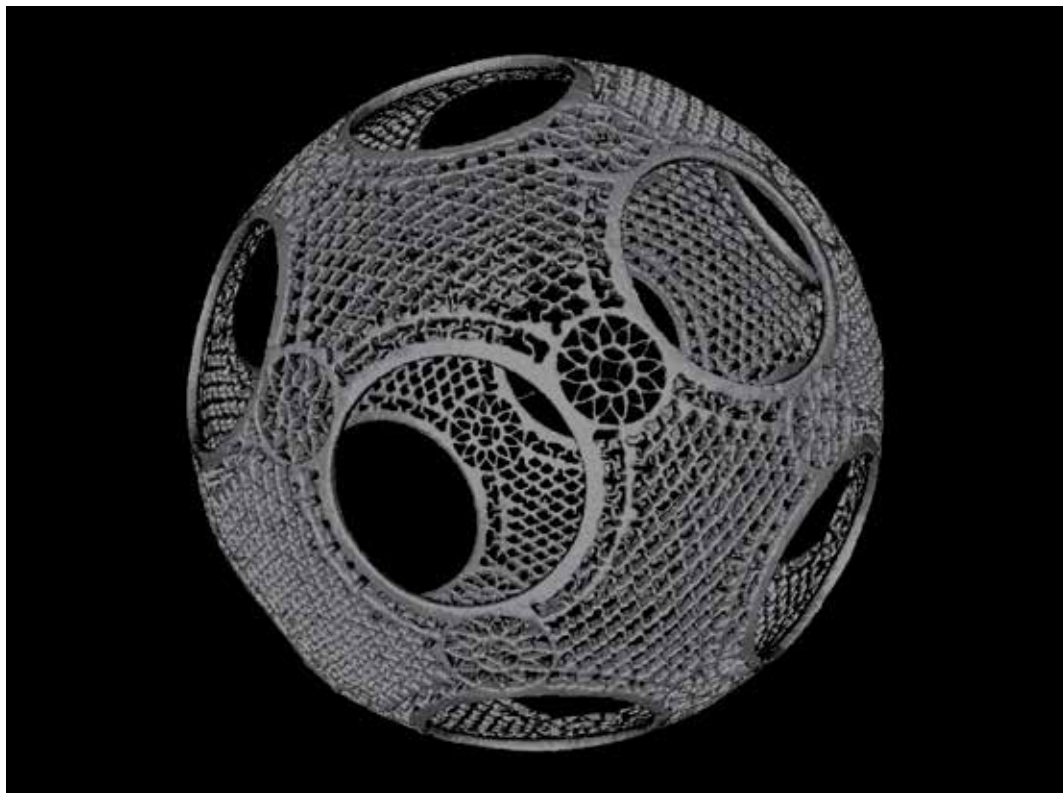


圖4 | 清 19世紀 廣東 鏤雕象牙雲龍紋套球 第3層象牙球 電腦斷層重建影像 王靜靈、Robert van Liere提供

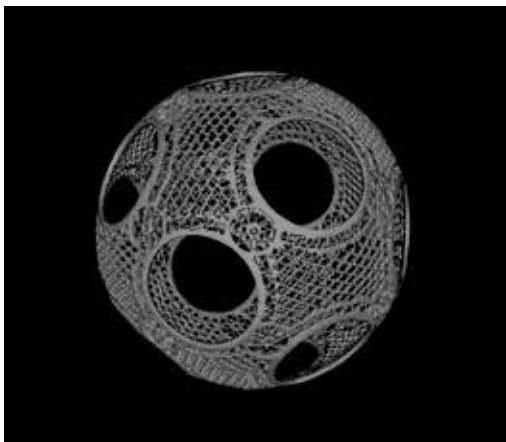


圖5 清 19世紀 廣東 鑲雕象牙雲龍紋套球 第4層象牙球
電腦斷層重建影像 王靜靈、Robert van Liere提供

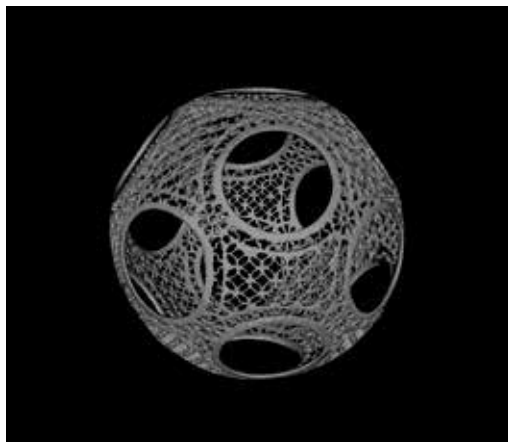


圖6 清 19世紀 廣東 鑲雕象牙雲龍紋套球 第5層象牙球
電腦斷層重建影像 王靜靈、Robert van Liere提供

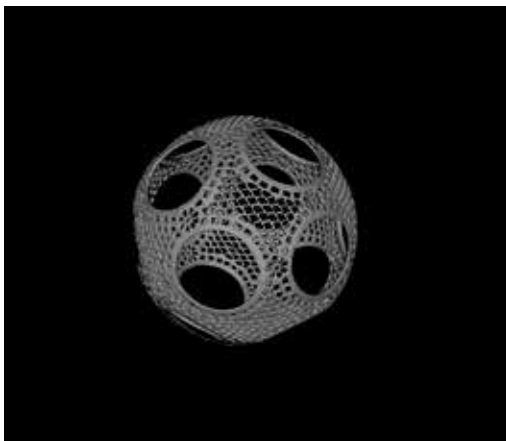


圖7 清 19世紀 廣東 鑲雕象牙雲龍紋套球 第6層象牙球
電腦斷層重建影像 王靜靈、Robert van Liere提供

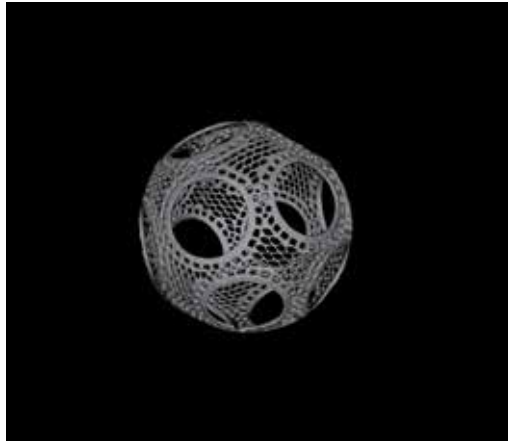


圖8 清 19世紀 廣東 鑲雕象牙雲龍紋套球 第7層象牙球
電腦斷層重建影像 王靜靈、Robert van Liere提供

施靜菲教授亦同意王靜靈博士與 Robert van Liere 教授象牙球由內層往外分層、由外層向內雕飾紋樣的推斷，但強調最外層的雕飾是最後製成的。施靜菲教授並補充，使用車床開洞的工匠與雕刻內層、外層紋飾者，應分別為不同的工匠。²

X 光電腦斷層掃描在故宮

工作坊的第二場發表，由國立臺灣大學藝術史研究所施靜菲教授主持，國立故宮博

物院登錄保存處陳東和副研究員發表，題為〈X 光電腦斷層掃描在故宮——象牙球及其他案例介紹〉。陳東和博士曾擔任國家同步輻射研究中心專案副研究員、國立清華大學通識教育中心兼任助理教授，於 2008 年 4 月起任職於國立故宮博物院登錄保存處，負責文物科學研究實驗室建置與文物科學分析研究工作，目前也在國立臺灣大學人類學系及國立中央大學藝術學研究所開設課程，研究興趣包括陶瓷、琺瑯、繪畫與顏料、玉石寶石

等。本次象牙球掃描合作由國立故宮博物院陳東和博士、黃千奇副專業技術師就院藏的象牙球作品進行電腦斷層掃描、蒐集精確的數據，透過 3D 影像處理與重建，反復調整系統軟硬體參數，取得最佳化高解析度影像後，交付 CWI 進行後續 3D 模型的重建與測量。

在該場發表中，陳東和博士以國立故宮博物院的文物科學研究實驗室為中心，介紹本院 X 光電腦斷層掃描的儀器、設備與實驗室空間，以及分析實驗的各種材質。本院電腦斷層掃描系統為本院自行設計建造，包含兩套影像系統。此次除了清十九世紀廣東〈鏤雕象牙雲龍紋套球〉大球（23 層）及小球（9 層）的影像拍攝與重建外，陳博士以院藏清晚期〈雕象牙透花人物套球〉（圖 9，現於本



圖 9 | 清晚期 雕象牙透花人物套球 國立故宮博物院藏



院 106 陳列室展出) 為例, 初步發表本院製共 18 層的象牙球影像重建及分層。同時, 陳東和博士亦向觀眾呈現本院其他電腦斷層掃描的案例, 包括轉心瓶、紹興豆的電腦斷層掃描等; 除了本次掃描檢測的實績, 另有其它國際合作的案例, 如國立故宮博物院與日本九州國立博物館合作掃描〈北魏釋迦牟尼銅鑿金佛像〉, 及國立故宮博物院與國家同步輻射研究中心、Spring-8 及大阪東洋陶磁美術館合作的伊萬里青花瓷檢測項目等, 最終期許未來能將科技檢測運用於更廣泛的文物研究領域。

透視象牙球——階段性成果發表

工作坊下午以本院器物處侯怡利副研究員簡介院藏象牙雕刻開始, 該場次的主持人為本院登錄保存處的岩素芬處長。侯怡利早期研究北宋書畫鑑藏、唐五代節文; 近年從

事珍玩類器物研究, 特別關注多寶格及百什件在清宮的製作脈絡。她以典藏號分類, 簡介國立故宮博物院藏的各式象牙雕, 種類繁多, 細緻精美, 包含養心殿收藏的眾多象牙雕作品、百什件及多寶格內的象牙作品等。這些象牙雕刻均收藏於器物處珍玩科庫房, 據其統計, 共有約一百餘件。

接著, 由本院余佩瑾副院長主持, 首播為紀錄本次合作案而製的 8 分鐘短片, 片中, 本院吉祥物「小翠」帶領觀眾認識象牙球雕刻的工序, 及此次本院與荷蘭合作的過程。

(圖 10) 王靜靈博士與 Robert van Liere 教授並運用一般筆記型電腦即可承載的 3D 互動裝置, 展示本次合作案階段性成果——院藏清十九世紀廣東〈鏤雕象牙雲龍紋套球〉重建影像的細節。透過該互動裝置, 可將重建的 3D 影像放大, 甚至能清楚觀察象牙球內部工匠分層時留下的鉤刀痕跡。藉由觀察象牙球

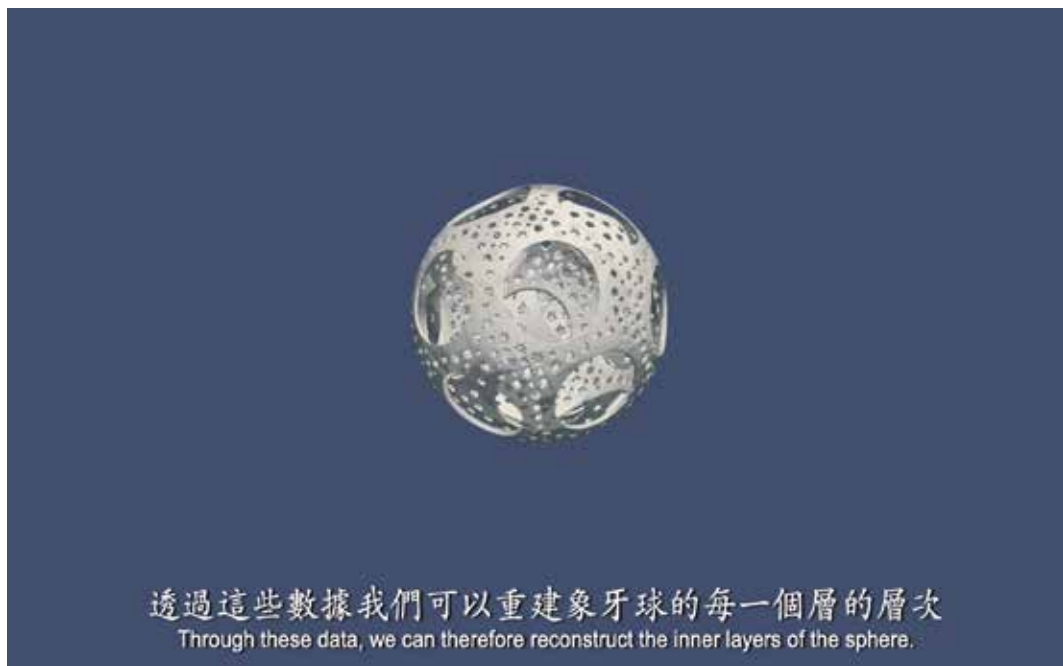


圖 10 | 國立故宮博物院與荷蘭阿姆斯特丹國家博物館、CWI象牙球影像重建合作案紀錄影片片段 器物處提供

每個開孔旁同心圓狀的工具痕，不僅可確知鉤刀的尺寸與形狀，更可進一步觀察各孔洞開鑿的順序，以及象牙球分層的先後。

結語

本次工作坊的綜合討論由國立故宮博物院蔡炯民專門委員主持。首先，觀眾好奇每顆象牙球製作所需花費的時間。王靜靈博士回答，雖無法確切估算實際製作需要的工時，但透過電腦斷層掃描可以計算分層時剔除的原料量；此外，Robert van Liere 教授以荷蘭國家博物館藏共有 940 顆星形紋飾的象牙球為例說明，研究者或可透過計算紋飾的量，略估製作每顆象牙球可能需要的時間。同時提出未來可以透過程式設計、雷射或 3D 列印等方式，創造更多展陳、互動的可能。

觀眾另提問：象牙球何以開 14 個洞？Robert van Liere 教授認為，此一開洞形式為

工匠依循原本的製作傳統而產生的結果，王靜靈博士亦補充，此點施靜菲教授曾撰有專文，提出開 14 個孔洞的形式很可能顯示當時廣東象牙球製作與歐洲車鏤工藝交流的事實。³

藉由本次電腦斷層掃描與影像重建，確知院藏清十九世紀廣東〈鏤雕象牙雲龍紋套球〉共有 23 層。研究團隊將持續進行院藏清晚期〈雕象牙透花人物套球〉的分解工作，期待未來能有更多收藏於世界各地博物館的象牙球加入此一項目，藉由科技與人文的結合，共同為相關研究的進境寫下新頁。本刊預計將分別刊載荷蘭阿姆斯特丹國家博物館藏象牙球與本院藏清十九世紀廣東〈鏤雕象牙雲龍紋套球〉電腦斷層掃描重建影像的詳細成果，進一步說明電腦斷層掃描重建影像所呈現的工藝技術等藝術史研究議題，歡迎有興趣的讀者持續關注。

整理者任職於本院器物處

註釋

1. 本次象牙球 CT Scan 團隊成員包括國立故宮博物院副院長兼器物處處長余佩瑾、登錄保存處陳東和、黃千奇；器物處侯怡利、張志光、胡櫨文、林珮菱、林問亭；荷蘭國家博物館中國部主任王靜靈、CWI 電腦影像部主任 Robert van Liere, K. J. Batenburg, Alexander Kostenko, 荷蘭國家博物館 Isabelle Garachon, Paul van Duin.
2. 施靜菲曾任職於香港城市大學中國文化中心、國立故宮博物院器物處，現為國立臺灣大學藝術史研究所教授，研究範圍主要包括東亞工藝史及東亞紋飾文化史，曾著數篇關於象牙雕的專文研究，例如施靜菲，〈象牙球所見之工藝技術交流——廣東、清宮與神聖羅馬帝國〉，《故宮學術季刊》，25 卷 2 期（2007 冬），頁 87-138；施靜菲，〈「自是鬼工手，能傳仙客情」——乾隆朝宮廷的象牙「仙工」〉，《故宮學術季刊》，34 卷 1 期（2016 秋），頁 93-151。
3. 施靜菲，〈象牙球所見之工藝技術交流——廣東、清宮與神聖羅馬帝國〉，頁 101-105。