

3D 列印技術之困難與需求

指導教授：謝顯丞

學生：羅裕睿、吳芳怡、林宛儒、林奕均、王紀雯

關鍵字：3D 列印、破壞性製造、自造者、客製化

摘要

3D 印表機在過去幾個月以來吸引了大眾的目光，不論是被媒體譽為新一波工業革命，或是更為新穎的「自造者革命」詞彙，但不可否認的是未來的確是個值得重視的製造技術。在這之前，更常被人們所提及的是快速成型（RP，Rapid Prototyping），這是在正式開模大量生產之前所製造的樣品，用於校驗最終設計是否有問題。以至於為何近期 3D 印表機會被炒作起來，這都得要感謝部分快速成型專利過期以及 RepRap 這個開源專案的進行，使得過去價位高不可攀的機器搖身一變，化為消費者桌上那台小小的機器。本研究藉由文件分析法、專家訪談法探究臺灣發展 3D 列印之困難、條件及需求。研究結論得出臺灣目前 3D 列印發展之困難如下：一、市場技術未普及化前提下培育專業繪製人員甚難；二、對岸影響甚大及臺灣投資資金不敵其他國家。市場產業發展 3D 列印之條件則為：一、未來將成主流市場；二、開放原始碼帶來 3D 列表機的普及；三、前端技術成熟帶動中後端技術成熟發展。本研究整理臺灣 3D 列印技術之發展現況與主要需求作探討。

壹、緒論

一、研究背景與動機

3D 印表機在過去幾個月以來吸引了大眾的目光，不論是被媒體譽為新一波工業革命，或是更為新穎的「自造者革命」詞彙，但不可否認的是未來的確是個值得重視的製造技術。3D 印表機這個詞彙出現以前，更常被人們所提及的是快速成型（RP，Rapid Prototyping），從英文直接翻譯就能得知，這是在正式開模大量生產之前所製造的樣品，用於校驗最終設計是否有問題。在 1980 年代，美國和日本的研究者開始紛紛製造出能夠實作快速成型的機器，其中最著名的就是美國 Charles W. Hull 所提出的 SLA（Stereolithography Apparatus）立體平板印刷技術，同時也建構出目前快速成型經常使用的 .stl 檔。以至於為何近期 3D 印表機被炒作起來，這都得要感謝部分快速成型專利過期以及 RepRap 這個開源專案的進行，使得過去價位高不可攀的機器搖身一變，化為消費者桌上那台小小的機器。

3D 列印的原理其實相當簡單，也就是目前我們使用的印表機 3D 版，將印出來的紙張層層堆疊，就會有個立體的形狀跑出來。如果將目前的印表機墨水替換成噴出後即可硬化固定的材質，再把噴頭從原本的平面移動，改為 3D 移動（加入噴墨頭高度的 Z 軸），就是目前 3D 印表機的基礎原理。過往我們在列印報告時，會先在文書編輯軟體或是相片編輯軟體內將內容填好，按下列印後印表機即會以一條一條的方式在紙張上噴出墨水，最終為成品。3D 列印也是如此，先在電腦中繪製完畢想要列印的 3D 物體，再送入軟體中輸出 G-code（工業製造中所使用的語言，內含控制機器移動的參數或相關指令），此 G-code 即可控制 3D 印表機印出所繪製的物體。3D 印表機接收到 G-code 之後，便會把噴頭吐出的東西繪製成一個平面，接著再一個個地讓平面堆疊上去，即可形成 3D 立體的成品。簡易說明了 3D 印表機的成型原理，但其實在實作上卻有許多不同的分野，從材質到固化方式皆有不同。

3D 列印產業在未來發展不僅是技術的大躍進，對一般民眾生活更將產生重大的影響，範圍擴及經濟體制、商業模式、學校教育與醫療健康等，許多創新應用也不斷地擴張，透過 3D 列印技術讓原本只存在腦海中的概念，可以經由 3D 列表機做快速打樣成型。近期最知名的例子便是美國密西根兒童醫院幫一名患有支氣管軟化症的三個月大嬰兒 KaibaGionfriddo，利用 3D 列表機與塑膠粒子製作一支人工氣管，植入胸腔作為呼吸輔助系統，通常罹患支氣管軟化症的病患，大多會在三歲之前痊癒，但如果缺乏照料或器官移植，嚴重者可能會導致死亡，因此經由 3D 列表機輸出的人工氣管，不但可以幫助患者順暢呼吸，所使用的特殊材料還會隨著嬰兒的成長，待氣管發育成熟後，慢慢被身體分解吸收。因此，新的技術與材料若結合得宜將可以為人類帶來重大的醫療貢獻。

而除了一般企業、學術單位針對 3D 技術的研發外，美國最近也公開表示，將投兩億美元入 3D 列印產業的開發計畫，在此計畫中，3D 列印技術不僅應用於傳統產業，也

將被 NASA 應用於尖端的太空科技中，而後中國也不甘示弱地表示，「中國 3D 打印技術產業聯盟」將成立 10 座創新發展中心，每座成本預估二千萬人民幣（約 330 萬美元），總投入為約 3,300 萬美元，布局產業的技術創新與差異化調整，作為「戰略轉型計畫」的重要依據之一。由此可見，3D 列印技術是現今產業發展的重點項目，但其實 3D 列表機並非現今突然出現的設備，其所需要的相關技術與知識也存在臺灣內已久，那麼，號稱工作機具的王國，面對這波的衝擊與趨勢，臺灣準備好了嗎？

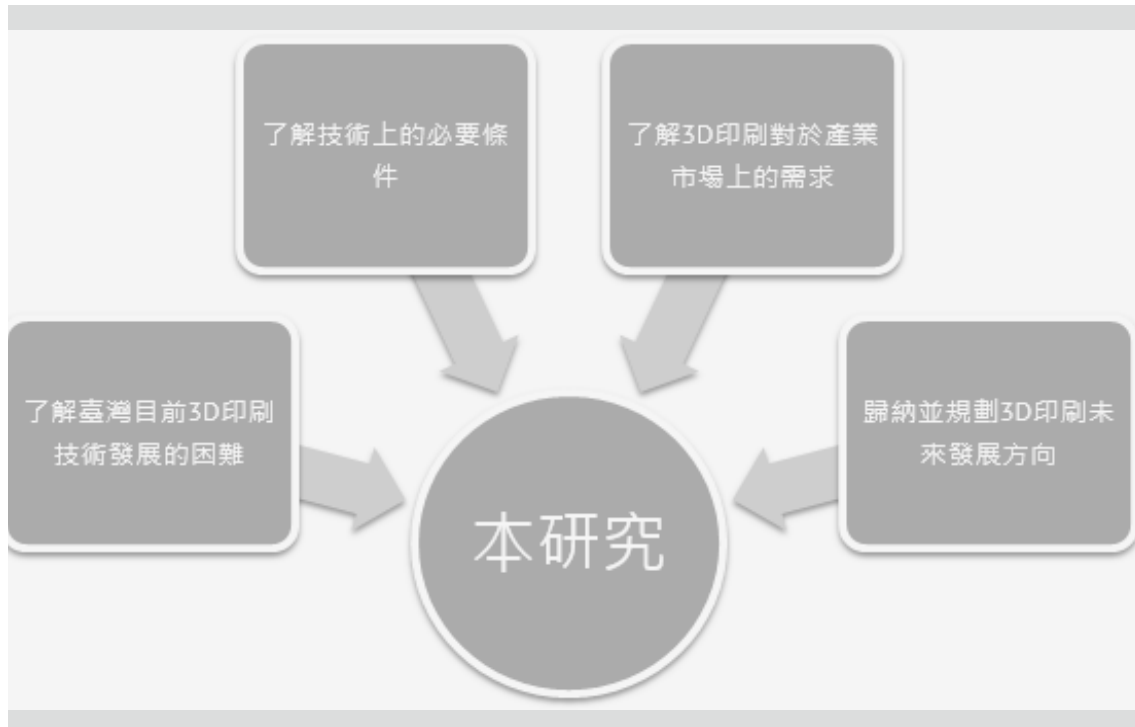
臺灣的硬實力無論是生產製造、工作機具、模具設計、積體電路等在世界上皆佔有一席之地，但目前對於 3D 列印技術的開發與應用卻少有涉略，截至目前的了解也僅有中光電所開發的 MiiCraft，是臺灣少數具有工業規格，且完全自行開發的平民價格 3D 列表機種。目前世界上兩大 3D 列表機製造商皆來自美國企業 3D Systems 與 Stratasys，且皆生產工業用機器，平均價格上百萬台幣，雖然也有推出「平價」機種，但也要價幾 10 萬台幣上下，與現行所謂的「低階平價」機種約台幣 7 萬上下還是有段差距，當然也視機器的定位訂價會有所不同。不諱言，臺灣的硬體實力要開發這類產品並不難，但研發製程、軟體整合與應用產業策略卻非一時可以完成，愈早投入相關領域的研究開發，便可以愈早累積相關經驗與人才，美國設計行銷與中國生產製造的實力皆勝臺灣，他們如此謹慎執行，臺灣更應該借鏡。

臺灣一向以代工製造為主要經濟來源，代工的好處在於回本時間較短，可以馬上看見收入，因此過去較少著墨於創新、研究與開發，這也造就許多臺灣企業對於這方面的陌生與恐懼。有人認為 21 世紀是 3D 列表機時代的來臨，但此篇研究認為 3D 列表機只是創新工作中的一項工具，一個時代的來臨必須集合許多「共同時代性」的因素，焦點並不只在 3D 列表機的技術，應該更宏觀的看待整個事件。21 世紀是透過開源、共享的觀念從事創新工作的世代，趁此機會整理出部分共同時代性因素：

1. 網際網路的高普及率與頻寬。（引發雲端應用與 Big Data）
2. 網路集資的新經濟效應。（Kickstarter）
3. 全球金流系統成熟。（PayPal、支付寶）
4. 大陸世界工廠。（山寨文化→模組化）
5. 開源共享、自造者活動。（Open Source、Maker Faire）
6. 人性化操控介面的繪圖軟體。（Autodesk 123D）
7. 電腦硬體的高性能。
8. 3D 列表機快速成型打樣。
9. 基因工程。（生物材料研發）

因素並不只上述，重點在於一項應用與創新絕對非單一特定領域，而是環環相扣，因此當臺灣在探討國際競爭力的同時，也應該環視周圍因素，共同達到創新、研究與開發的階段。

二、研究目的



臺灣發展 3D 印刷的技術不及國外那樣的有規模性，本研究主要以探討臺灣市場以及討論接收國外技術中使加速後的成效與安全性機制，以及加速後的（印後）成品細緻度，市場滿意度等等。

（一）了解臺灣目前 3D 印刷技術發展的困難

藉由本研究歸納得知臺灣目前印刷產業於發展 3D 印刷技術發展及運作模式上的困境，包含產業業者對 3D 印刷運作之了解程度、產業目前對其技術發展限制與其發展意願。

（二）了解技術上的必要條件

在分析臺灣目前印刷產業對 3D 列印技術之困難點之後，更需进一步了解目前印刷產業須滿足何種條件方有意願投入 3D 列印發展並將其歸納。

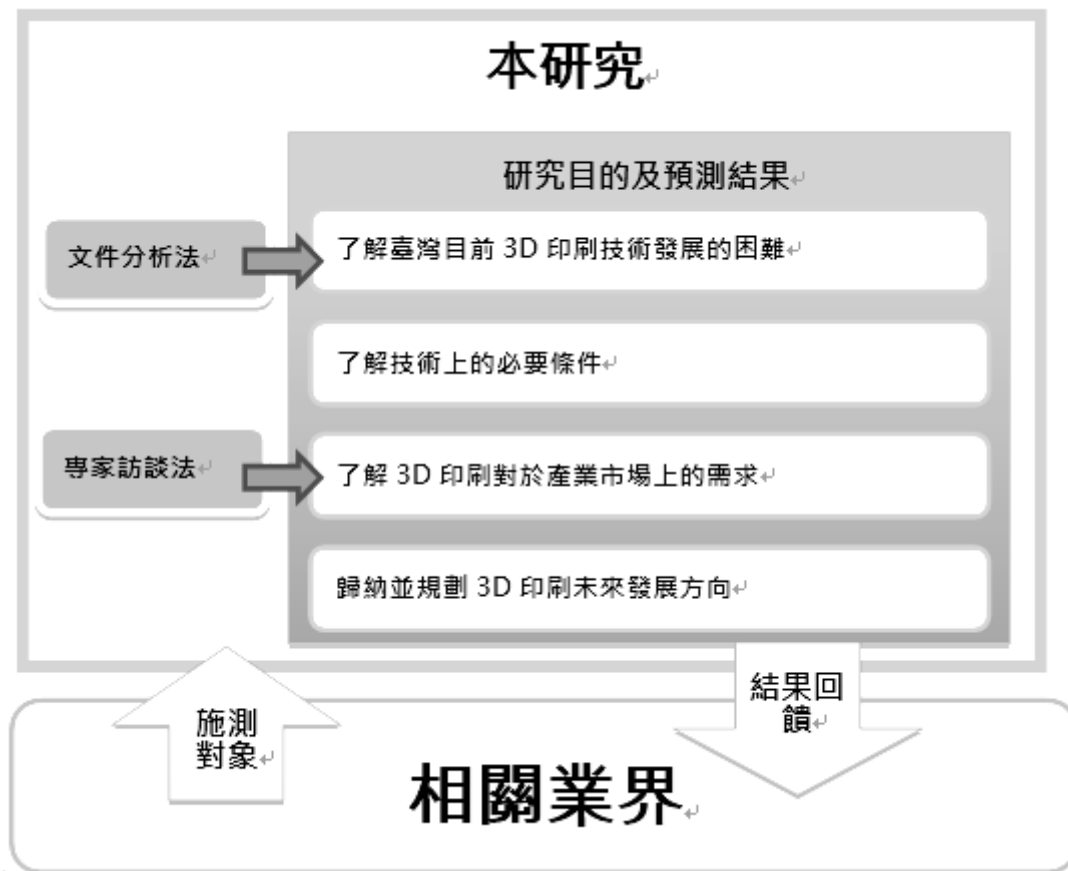
（三）了解 3D 印刷對於產業市場上的需求

如上述，由於 3D 列印在臺灣尚未有完整的市場作業，其該具備之功能、項目需藉由瀏覽及分析其他國外相關技術架構才能使之明瞭，又因為各國相關技術能有許多不同之技術上差異，針對印刷業者調查對於 3D 印刷偏好與期待。

（四）歸納並規劃 3D 印刷未來發展方向

歸納上述目的並總結出何種服務才是實際執行印刷工程的業者們所看重、並希望對消費者推出的，並加以規劃適合於臺灣之 3D 列印與發展走向。

三、研究架構



四、限制與範圍

本研究藉由專家訪談法，訪談專業的學者又或者專業工作室，了解 3D 印刷發展與改進的條件，交集後產生理想技術支援與市場對應專家接受度。然而，於實現進行研究過程仍受諸多限制：

(一) 地域限制

本研究針對臺灣地區之 3D 印刷技術進行調查與分析，歸納支討論對於其他國家地區並不完全適用。

(二) 身分限制

由於國內業者對於內部的經營策略多保留，加上礙於學生身分，在專家訪談法方面可能有諸多限制。

(三) 時間限制

研究期間甚短，無法對於全面性之分析或更細微之檢視。

五、名詞解釋

（一）SLA（立體平板印刷）

SLA 身為第一種實用化的快速成型方式，其列印方式和 DLP 類似。利用雷射（最初為紫外線，現在發展成任何高能量光束皆可）照射光固化樹脂後形成一片硬質切片，接著將模型往樹脂內部沉浸，再用雷射照射硬化下一層。與 DLP 不同的是，DLP 在製造過程中將物件逐步拉出光固化樹脂，而 SLA 是逐步的將物件沉入光固化樹脂，兩者使用的光源也不相同，DLP 使用燈泡照射，而燈泡的亮度會因為時間而逐漸變弱，須注意光照強度問題。

（二）LOM（層狀物體製造）

LOM（Laminated Object Manufacturing）的印製過程相當類似點陣式印表機的字印方式，點陣式印表機利用撞針打到色帶上，色帶再打到紙上將墨轉印；而 LOM 則是將色帶換成塑料薄膜、撞針替換成雷射或刀具，利用雷射或刀具將塑料薄膜切成所需形狀，再一層層使用膠水黏貼，堆出立體物件。此種製造方式相較 FDM，可做出實心物體（FDM 因為列印速度和省料的關係，物件內部通常不是實心的，而是利用不同的結構保持表面完整，就像蜂巢一樣），列印速度也比較快一些，可惜此種製造方式的廢料較多，越接近印表機的字印極限大小，才會比較划算。

（三）DLP（數位光處理）

DLP（Digital Light Processing），又稱 FTI（Film Transfer Imaging），利用德州儀器的 DLP 投影技術，將切片後的一片片圖案照射在光固化樹脂上，一層做完後就將物件稍微提高，再次投射下一層的圖案，如此反覆堆疊就會形成物件。DLP 所製造的立體物件精細度相當不錯，不用打磨即可立即販售，但是光固化樹脂的硬度受到許多變因影響，未顯影的光固化樹脂也會因為時間推移慢慢變硬無法使用，加上耗材比較貴的關係，適合製作模型、玩具等強調表面精細度不強調硬度的產品，或是翻模使用。在消費市場和 FDM 算是互補的技術，想要機械強度用 FDM、想要表面精細度就找 DLP。

（四）FDM（熔融沉積成型）

FDM（Fused Deposition Modeling）又稱 FFM（Fused Filament Fabrication），名稱不同主要是為了避開專利問題，其核心技術是相同的。首先將使用的材料加熱到一定的溫度後，形成半熔融狀態，將材料擠出在平面的架子上後迅速回復成固態。如此反覆進行堆疊作業，即可印出立體物件。在比較高階的機器中，藉由多個噴頭和列印材料，可列印出多色物件，甚至是將支撐材料和成型材料分開，由於支撐材料只是提供物件在列印中途的支撐，因此強度不需太高，以方便移除為主。但在一般的消費市場的 FDM 印表機，經常只有一個噴頭，只能列印單色物件，也沒有額外的支撐材料，支撐部分就用列印密度較低的成型材料代替。

因為 FDM 的相關建置門檻較低，因此成為目前民用市場頗受歡迎的 3D 列印技術。常見的材料分為 ABS 和 PLA（聚乳酸）這兩種，ABS 的強度高於 PLA，可惜的是在列印的加熱過程中會釋出比較毒的氣體，其列印成品的熱脹冷縮也比較厲害，容易產生翹曲導致列印失敗，因此底板需要持續不斷的加熱，3D 印表機最好也要有罩子蓋住避免溫差過大。PLA 的強度較 ABS 弱一些，但若是使用在日常生活中不靠近熱源的應用足堪負荷（PLA 遇熱會變軟），列印過程也比較沒有異味，因此在家庭中較適合使用。

（五）3DP（3D 列印）

3DP（3D Printer）也可稱為 Plaster-based 3D printing 或 Powder bed and inkjet head 3D printing，翻成中文就是膠水固化噴印或其他類似的名稱。首先在平台上鋪上薄薄的粉，利用印表機噴頭噴出膠水，將所需的部分黏著在一起；接著再往上鋪一層粉，再度噴出膠水將粉末黏著。最終膠水四周未被噴到的粉末被吸走回收再利用，被膠水黏住的部分就會是立體物件。也因為其成型方式類似噴墨印表機，所以在成形時能夠在白色粉末上噴出 CMYK 彩色的膠水，因此成型後的物件可帶有顏色，僅需將其表面塗上一層保護漆封住表層和增加顏色對比。

（六）SLS（選擇性雷射燒結）

將 3DP 的膠水換成雷射，將粉末內部的黏合劑加熱到一定溫度之後，便會黏著在一起，即是 SLS（Selective Laser Sintering），使用的材料從塑料到金屬粉末皆可。

七、SLM（選擇性雷射熔化）

將 SLS 的雷射功率再加高，就會是 SLM（Selective Laser Melting）或稱作 DMLS（Direct Metal Laser Sintering）。這種 3D 列印技術主要的材料以金屬為主，將金屬粉末以高能量雷射加熱到變成液態，便可和附近的材料融合在一起，機械強度很不錯，幾乎和開模澆鑄產品相同，列印出來後即可直接使用。SLS 和 SLM 的不同點在於 SLS 的溫度比較低，材料也比較多元，而 SLM 的溫度比較高，適合金屬材料製造。如果把 SLM 的雷射換成電子束，就會變成 EBM（Electron Beam Melting），但 EBM 需要預熱金屬粉末和在真空下製造，因此適合以一些容易氧化的金屬（鈦）做為材料。

（八）CLIP（連續液態介面印製法）。

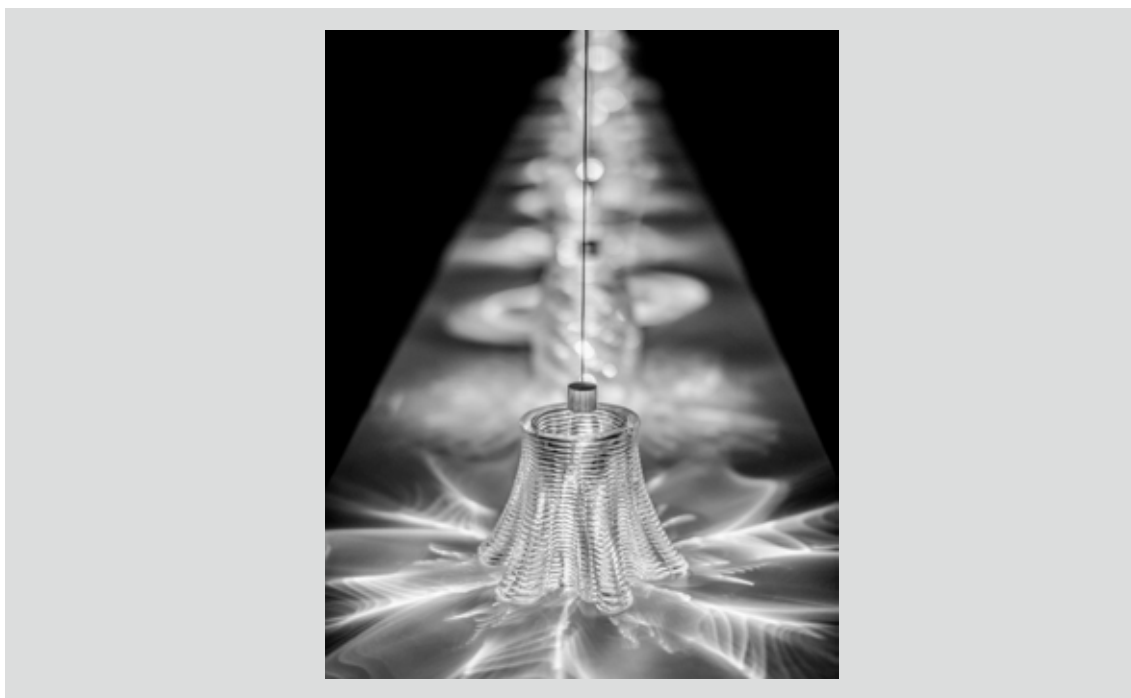
「連續液態介面印製法」，是 Joseph DeSimone 與他的夥伴團隊所使用的新技術，這項原理其實並不複雜，只在於如何控制「氧氣」與「光」。光可以合成樹脂轉換成固體，氧氣則抑制這一點，因此能控制光和氧氣，就能控制製造過程，這項技術從根本上解決 3D 列印技術製造的三大問題：耗時長、機械特性與材料選擇，事實上，這項技術速度快了傳統的二十五到一百倍。關於速度加快的秘密，在於 CLIP 容器底部的窗口是同時能透光透氧的，相較於傳統則是不透氣窗口，要形成下一層圖案，你必須將其分開，重新添加樹脂、重新定位，不斷地重複這個過程。另外，由於 CLIP 並沒有使用以往的積層製造，而是從液態面「生長」出來，這不會受限以往面對列印的角度而改變方向，現在則能夠得到光滑的分子表層。

貳、文獻探討

一、3D 列印發展的新技術

3D 列印已經提出了一段時間，技術也開始逐漸走向成熟。在現有的 3D 列印實例中，塑膠和金屬，這兩種材質被運用得最多。例如用 3D 打印技術復刻腦瘤，並成功讓自己逃過「癌症詛咒」的 Steven Keating 使用的材質就是塑膠。科學家用 3D 列印來挽救嘴被快艇擊碎的瀕危海龜，所使用的材質便是鈦合金。

圖 2-1 玻璃材質印製實際操作



據 Mashable (STRANGE, 2015) 報導指出，麻省理工大學（MIT）的一個研究小組展示一種將玻璃作為列印材料的 3D 列印技術，該技術被命名為「G3DP」。通過 G3DP 技術，玻璃進行 3D 列印將和傳統的塑膠 3D 列印方式相似。

技術原理：使用一種由玻璃構成的融化物，接著通過調製和改變玻璃的形態。

這台特殊的玻璃 3D 列印機包括上下兩個加熱器。上層加熱器的加熱溫度在 4 個小時內最高可以將玻璃加熱至華氏 1900 度（約攝氏 1165 度），類似一個燒窯。而底部的加熱器除了有加熱功能，還兼有冷卻的功能，能讓玻璃冷卻凝固和加熱軟化。融化後的玻璃通過一個鋁鎂矽材質的噴嘴流出可以讓玻璃完成合適的形變。在這個過程中，可以通過控制合適的玻璃厚度以及形狀來定制玻璃的穿透率、反射率和折射率來獲得不同光學性能的玻璃。

這些 3D 列印所得的玻璃製品看起來十分漂亮，就好像藝術家親自吹製的。但它們並不止於漂亮，由於光學性能易於定制，所以這項技術可以改善光纖設計或是降低光纖製造成本。

研發 G3DP 的團隊有麻省理工大學媒體實驗室的介導物質組、麻省理工大學玻璃實驗室、維斯研究所和麻省理工大學機械工程系。據稱，他們計劃於明年的時候，將一些 3D 列印的玻璃製品帶到紐約 Cooper Hewitt 國家設計博物館進行展覽。當然，這並非 3D 列印與玻璃材質的第一次結合。去年的時候，HP 實驗室招聘相關人才以研發玻璃 3D 列印技術。並且，HP 也在其報告中解釋了為什麼要採用玻璃材質而非塑膠或金屬進行 3D 列印研發：地殼中，90% 的成分是矽酸鹽礦物，矽石的資源將會變得緊張。玻璃易於回收、安全環保、價格也便宜，卻有著寶石般的絢麗、觸感舒適，在一定情況下，消費者也不會對它的脆弱性大失所望。

二、3D 列印的發展現況

（一）原理與演進

20 世紀初期，美國憑藉製造工業實力成為世界上最大的經濟體。隨著工資逐漸升高，1970 年代後期其製造業開始大量轉移到工資較便宜的中國以及東南亞國家，造成國內嚴重的失業問題。一般認為一個製造工作可以產生 10 個工作機會，其中 6 個出現在供應鏈中，其餘 4 個則在為製造業服務的金融服務業工作。但風水輪流轉，到了 2013 年，各先進國家都體認到製造業才是國家經濟長期發展的根本，因此美國總統歐巴馬喊出「讓製造業重返美國」的政策，其中的重點產業就是 3D 列印。

快速原型（rapid prototyping）以及 3D 列印技術萌芽自 1980 年代，這些年來其製程不斷地突破創新。在這波發展的浪潮中，開放硬體（open-source hardware）社群扮演著重要推手的角色，因為自從 3D 列印的軟硬體由社群中開放之後，世界各地的優秀工程師得以參與集體創作，共同完成讓 3D 列印技術普及到一般家庭中的理想。

這樣的社群環境驅使各式各樣的機型陸續推陳出新，也讓一般民眾可以評估各種機型的列印品質、列印速度、可列印物品大小、輸出穩定性、價格等，選擇一部符合個人需求的機器，完成「自造者」的夢想。根據 Wohlers Associates Inc. 的報告，3D 列印機以及其周邊服務在 2012 年已經達到 22 億美金的規模，與 2011 年相比，更是成長了 29%。快速原型技術其實已經行之多年，2009 年美國材料試驗協會（ASTM）把它正名為積層製造（additive manufacturing）技術，其原理是建立數位化電腦模型檔案後，運用金屬粉末或塑膠材料，利用加熱使其呈現熔融可塑狀態，再透過一層層堆疊列印以產生工件的技術。3D 列印技術原本只是其中的一個分支，但由於其在各種積層製造技術中應用最廣泛，也因此積層製造與 3D 列印這兩個名詞在一般民眾的觀念中也就合而為一了。

3D 列印技術就是把工件的 3D 電腦模型轉換成 2D 的分層切片，再按照這個分層切片把材料堆疊到欲成型的位置，重複堆疊動作直到工件成型。傳統的加工方式是採用大塊材料慢慢切削雕琢的減法方式製作，常會造成材料的浪費。3D 列印技術則採用層層堆疊的加法方式製作，避免了不必要的材料浪費。

目前 3D 列印的商業模式仍處於少量客製化，以處理具有特殊形狀且傳統技術不容易加工的產品為主，未來則可以朝量少價高的高技術產品發展。

（二）成型技術分類

3D 列印製程的技術，細部可以分成下列幾個步驟：首先藉由電腦輔助設計軟體進行產品設計作 3D 建模，完成後的設計圖檔再經過類似電腦斷層掃描切片成像的概念，把立體圖檔切片，每片切片包含產品的內外輪廓造型，最後把這些切片輪廓轉換成為 G-code，藉以控制 3D 印表機列印成型製造。

其中，G-code 就是數值控制（numerical control，NC）機械所使用的指令，基本上就是操作者與數控機械的溝通語言，可以利用人工編輯輸入或電腦軟體自動產生 NC 控制碼，使得數控機械的加工刀具可以依照所設定的方式移動。現今因為開放硬體社群的努力，使得這一部分切片轉換的動作已經有相當多的免費軟體可以處理，使用者不需擔心不熟悉數控機械程式碼的問題。

目前常見的 3D 列印成型技術有下列幾種：

選擇性雷射熔融（selective laser melting，SLM） 這種方法是把成型用的材料（通常是顆粒或粉末）鋪在平台上，利用高能量的雷射照射在欲成型的位置上，使材料熔融聚合。之後在不同高度重複這個步驟，就可製作出成品。這個製程必須在一個精密控制氣壓且充滿惰性氣體的工作空間中完成，常見的材料有不銹鋼、鈷鉻合金、鈦金屬、鋁等。美國航空暨太空總署（NASA）就曾利用這個方法製造引擎零件，雖然成品的強度稍差，但因為省去焊接的手續，避免了焊接點上結構容易發生破壞的缺點。

選擇性雷射燒結（selective laser sintering，SLS） 這個方法是由德州大學奧斯汀分校卡爾·德克（Carl Deckard）與喬·比曼（Joe Beaman）兩位博士研發出來且取得專利，但今年（2014 年）年初這項專利已超過保護期。這種方法是利用電腦控制雷射照射的位置，粉末經雷射照射後會層層燒結黏著聚積成塊，之後再鋪上另一層粉末繼續下一層的製程，直到最後產品成型。SLS 似乎跟 SLM 製程相似，所形成物件的特性卻明顯不同。因為 SLM 製程僅利用熔融後再冷卻固化的方式製成，SLS 製程則經由燒結成型，成品的晶粒結構、孔隙率等都會跟原來的粉末有所差異。常見的材料包括鋼、鈦等金屬粉末，以及熱塑性高分子材料如尼龍、陶瓷粉末等。與其他製程相比，由於成型過程中成品周圍一直有未燒結的粉末存在，因此不需要使用其他周邊支撐結構就可完成成品。

光固化立體造型（stereolithography，SLA）這一製造方法必須使用液態的光活化樹脂，藉由雷射或紫外線光束一層一層地進行光固化過程。由於成型的精確度很高（可達到 0.05—0.15 毫米的精密度），成品表面的光滑度及細緻度已經相當接近射出成型加工的塑膠製品。這一製程的優點在於製造速度快且可製作較大型工件，缺點在於光活化樹脂的成本過於昂貴。

熔融沉積造型（fused deposition modeling，FDM）這一製程是目前市面上最廣為流行的方法，一般平價 3D 列印機種大多採用這一種製程。製造方法類似蛋糕師傅把奶油在蛋糕上擠出各式花樣一般，原料熔融後一層一層地擠出堆疊上去，直到產品製作完成為止。

大多數的材料是以塑膠類為主，製作成直徑約 1.75 毫米的線材，目前以使用 ABS 與 PLA（poly-lactic acid，聚乳酸）材料最多，也可以使用黏土或矽膠材料等。ABS 材料本身有高強度、售價較低、耐熱度高等優點，缺點是在列印時會因高溫而產生帶有臭味的有毒氣體。相形之下，PLA 材料雖然價格較貴且強度上稍嫌不足，但它不具毒性且是生物可分解的材料，使用上較安全。

以 3D 列印機為例，製造方法是把塑膠原料加熱融化後，藉由擠料機構把熔融狀的塑膠擠出噴頭，透過步進馬達控制噴頭位置與移動速度，熔融塑膠在擠出堆疊的同時，利用噴頭底面抹平。當已加熱至工作溫度的噴頭離開之後，塑膠溫度降低就可自動固化成型。

（三）應用領域

目前在各產業中都有相當多的人力物力投入 3D 列印的設計製造，根據未來的產值預測，可能的應用方向依次是消費性產品、汽車工業、醫療產業、3D 列印生產製造，以及航太工業。其實國內外已有相多的應用實例，例如：利用 3D 列印製作流行服飾與配件；客製化完全符合個人腳形的運動鞋；製作流行時尚且具有個人風格的眼鏡鏡框；根據客人的想像創意，不受材料及加工方法的限制，訂作獨一無二且具紀念價值的結婚首飾；NASA 為了解決太空旅行所需要的食物問題，也投資大量經費在研發食物列印機，希望能列印出義大利麵條、巧克力等食品。這些都是可以發揮創意的方向，筆者也曾試著自行製作手機外殼。

3D 列印可能顛覆傳統思維模式的例子還有：美國微軟公司所贊助的 3D 印表機製造公司，就發布了一個 3D 電腦模型，取名為「青蛙解剖套件」，也在網站上公布了這個學習活動的完整教案，提供給美國六到八年級的學生及老師上課免費使用；國內也有以 3D 列印出常見物質分子結構式的 3D 模型，讓分子結構能用眼睛搭配指尖觸摸更清楚地呈現！

在醫學工程領域中，3D 列印更有很大的想像空間。國外已有組織工程方面的應用，如 3D 生物印表機，其與一般 3D 印表機構造相似，只是列印的材料不一樣，它使用的是病人自己的幹細胞或是再培養的細胞。概念上，在列印前先用電腦斷層掃描真的器官，之後轉換為 3D 電腦模型，把這些細胞噴在一張張可被生物降解的材料上，接著利用水膠或黏著劑使細胞附著在特定位置堆疊起來，所留下的細胞就能形成具有立體結構的器官。

除此之外，2012 年美國密西根大學也有小兒科醫師利用生物可吸收材料 3D 列印氣管支架，幫助一位先天氣管塌陷，只有 3 個月大的嬰兒正常呼吸，且接受治療後，嬰兒目前已經超過 20 個月大。台灣也有工業技術研究院以及各大專院校的研發團隊正在進行金屬 3D 列印應用研發，目前主要以顱顏顎面的大型缺損修補和金屬假牙製作為應用的方向。

筆者在個人的研究中，也碰到一些臨床問題需要進行醫療器材開發或術前評估，例如：人工關節的試製、下顎長跨距骨板等的應用，目前義守大學醫工系與義大醫院整形外科及骨科部都有持續良好的合作模式，希望能使 3D 列印技術更廣為應用，以解決目前临床上不易解決的難題，提供病人更好的解決方案。

（四）未來與隱憂

雖然目前 3D 列印技術越來越精進，應用範圍也越來越廣泛，但是和其他新技術一樣，其應用前景並非完美無瑕。首先，所使用的塑膠材料並非完全無毒無害，若做為需要高溫使用的餐具，是否會釋放出有毒物質還待驗證。其次，為因應不同需求，工件所需的強度不盡相同，而現階段除了部分金屬材料之外，其餘材料的強度仍有待提升。

在國家與社會秩序的考量上，這議題尤其重要！現在連具有殺傷力的槍械都能用 3D 列印輕易打造出來，成為執法當局頭痛的新問題。日本神奈川縣一名大學職員就因為非法製造 3D 列印槍而遭逮捕，其中兩把樹脂手槍經鑑定可以發射實彈，幸好現場並沒有發現適用的子彈。顯然 3D 列印技術普及化之後，其背後所隱藏的治安風險必須重視。

對智慧財產權的衝擊也必須重視。3D 列印技術使玩偶或公仔的再製或重新翻版變得很簡單，這一趨勢會完全改變這類企業在市場上的商業模式與獲利狀況。在法律方面，政府必須審慎思考如何規範，否則很可能引發許多問題，這些都考驗著政府的應變能力！

目前 3D 列印技術在各個領域的應用都方興未艾，希望本文能夠拋磚引玉，讓大家更了解 3D 列印的發展應用情況，也能一起腦力激盪出更多更有創意的作品，希望 3D 列印讓各位都能成為夢想的實行者。（林鼎勝，2014）

三、何謂 3D 列印

(一) 到底什麼是 3D 列印呢？

3D 列印 (3D printing)，是快速成形技術的一種，它在立體設計圖的輔助下，運用各式材質，透過逐層列印堆疊的方式來構造物體；而列印的過程簡單來說就是先從 3D 繪圖設計，再來數位切片成分層的截面，接著傳送到印表機，最後印出成品。

AviReichental 說自己遺傳到祖父對「製造」的喜愛，即便現在已經沒有什麼「人」在做東西了，因為「工業革命」的關係；他手上拿著史上第一顆被列印出的零件說道：「不過 3D 列印即將帶來改變。」

3D 列印如何連結過去經驗，帶我們進入以「本土化」、「分散式生產」為主的「數位產出」新紀元。

Avi 幫一位下半身癱瘓的女性，以 3D 列印的技術做出輔助衣，先用數位儀器為她量身打造，並設計得更女性化、更優雅且更輕一些，這次的經驗對 Avi 來說很重要，因為很多人認為 3D 列印技術和傳統技術是互相衝突的，但這件輔助衣的創造使兩者達到一個平衡。

3D 列印也將改變個人醫療器材的樣貌，從透氣的背架，到無數的補牙、假牙材料，以及截肢者術後用的漂亮義肢護具，這些使得情感上面能夠再度擁有「完整」身軀的機會；另外，市面上已經有無線的隱形牙套和隱形補假牙材料、助聽器、人工膝關節等等，這些都是 3D 列印的成果，天天有無數的人因此而受惠。

(二) 生活中處處可見

1. 奇異 (G.E.) 公司將用 3D 列印製造下一代的 Leap 引擎，期望減少 15% 的油量消耗，不但為航空公司省錢，對乘客和環境也都好。
2. 一家新創的「行星資源公司」(Planetary Resources)，主要做太空探索，他的太空探測器，在體積和成本上和 NASA 的相比少用了十幾個零件，並將在今年升空。
3. Google 正在進行一個大膽的計畫：「拼裝手機 Ara」，而這項計畫因為「快速 3D 列印」的發展成為可能，開始能做出有功能的、可拼裝零組件的手機。
4. 製造出色香味俱全的食物，變成 3D 列印的全新樣貌，每一口都嚐得到食材的顏色和氣味，不只是在享受美味，同時也吃得到量身打造的必需營養。

(三) 顛覆「設計」和「製造」

3D 列印最大的特點就是再也沒有「很難做」這回事，雖然很多人覺得 3D 列印會終結製造業，但 Avi 反而覺得這是一個轉機，讓年輕人發展新技術，並創造大量就業機會，而且所有人都可以藉此變成專業的工匠和製造商；不過不是每個人都會用電腦繪圖軟體，所以他在研發「觸控式感應儀」，就像是數位化的黏土，另一方面呢，還有類似拍立得的「3D 影印機」，可以方便製造出照到的東西。

3D 列印技術能夠應用的層面相當廣泛，甚至可以說我們的食衣住行育樂各方面都能看到它的存在，最近在紐約醫院的外科醫生救活了一名需要接受複雜心臟手術的兩周大嬰兒，這一切也都要歸功於 3D 列印技術。(洪辰嬌, 2014)

四、未來發展技術趨勢

(一) 3D 列印成就快速成型大市場

三維列印 (3D Printer) 一般用以快速製作三維模型即 RP (Rapid Prototype)，可將任一 3D 形狀的數位內容實體化，3D 列印是採用不同的材料成型，材料逐層堆疊成形。3D 列印被認為是有別於傳統的加工技術，主要依靠去除材料的方法，如切割或鑽孔 (消減過程)。拜價格已大幅下調之賜，3D 列印機器的銷量大幅度增長，該技術是用於原型和分佈式製造珠寶首飾、鞋類、工業設計、建築、工程和施工 (AEC)、汽車、航太、牙科，以及醫療產業、教育、地理資訊系統、土木工程和許多其他領域。

光電科技工業協進會 (PIDA) 為增加國內廠商曝光度與台灣產業形象，特別於「2013 台北國際光電週—國際光電大展」規劃設置「3D Printing 形象館」展示 3D 列印技術。率先展示三維列印的各項技術與其代表廠商，整個三維列印的產業內容，包含有雷射源、三維印表機台、三維掃描器、材料粉末、三維軟體，以及相關零組件。目前炙手可熱的 3D 列印大廠為實威國際、數可科技、國航科技、皮托科技、研能科技、通業技研、德芮達科技、泰摩科技、中光電等公司。

讓電腦中的 3D 設計圖成為立體的實際成品，直接減少開模所需耗費時間與成本；且因應綠能時代來臨，光電產業技術蓬勃發展、日新月異，更需要 3D Printing 技術與其分析軟體，在短時間內達到技術提升與管控，與光電產業相輔相成，成為得力幫手。雖然 3D 列印市場還在非常早期的階段，若能及早投資未來趨勢，將會是台灣製造業思維轉型的關鍵所在。(范懷仁, 2013)

(二) 3D 列印正對未來產生不可預期之影響

今年初開始至今，3D 列印絕對是在各產業界最夯最火的話題，更由於李安的少年 Pi 這部電影，讓這原本特殊的產業由一開始的低調無名，到世人對其好奇進而產生高度興趣。殊不知 3D 列印正默默的對工業、商業甚至醫療美容產生深遠的影響。

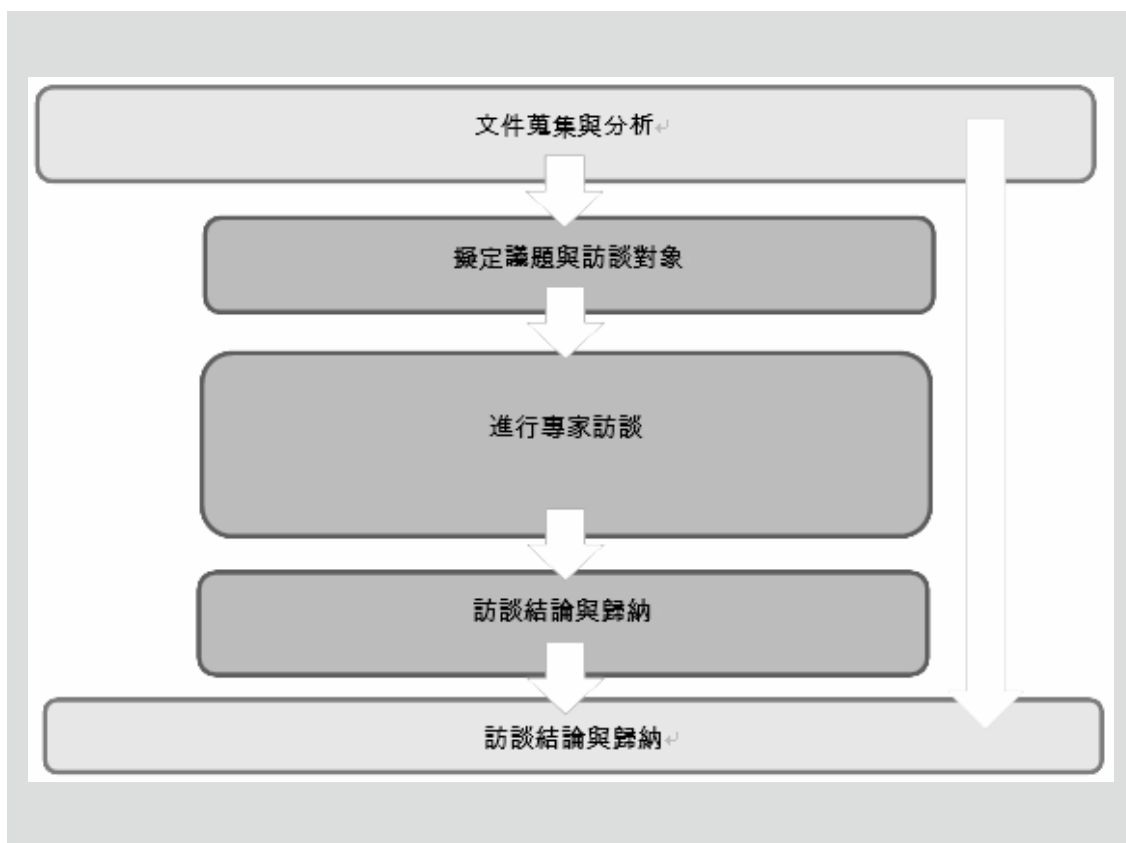
在這個資訊傳遞快速的時代，能抓住大眾喜新厭舊的消費心態就是成功的企業。而高附加價值，少量客製化的商品，取代一成不變大量生產，也能迎合消費模式。舊時傳統的模型或模具皆靠人工，或使用工具慢慢加工，在 1950 年代開始出現電腦程式控制機器切削加工法。而現今 3D 列印技術逐漸成熟，甚至金屬也能列印，對模具界而言，則進入了第二次革命。不同於以往傳統的減法製程，3D 列印使用的是加法製造，一層一層燒結堆疊上去，再也不受限於刀法加工限制，工件的外型得以更多樣、更複雜；當然，不用說還有快速、產量提高、減少不必要的原料浪費等等相乘優點。

數可科技，位於內湖科學園區一家小小的公司，無異是在 3D 列印這塊深耕近十年代表性的公司。在公仔、建築、眼鏡等等模型擬真度已達專業等級之際，更於去年初首次從德國引進金屬列印設備，為的是要跨足模具，這個台灣曾經引以為傲的產業。藉由先進的列印技術將散熱水路得以彎曲的型態分布在積熱處，大大降低影響產能的關鍵冷卻週期，同時達到提高產量與產品品質。數可科技下一步瞄準的是生醫和數位創作藝術。（數可科技，2013）

參、研究方法

一、研究流程

圖 3-1 本研究之研究流程



二、研究方法與研究步驟

（一）文件分析法

為分析「了解臺灣目前 3D 印刷技術發展的困難」及「了解技術上的必要條件」兩大目的，採用文件分析法蒐集目前國內外網路印刷相關資訊，加以整理試以建構出臺灣 3D 列印發展的困難、以及印刷產業是否需要 3D 列印所具備條件。

（二）專家訪談法

除了運用文件搜集分析建構雛型外，本研究並針對此一領域之專家進行訪談，針對同樣「臺灣目前 3D 列印發展之困難」及「印刷產業發展 3D 列印之條件」兩大方向進行討論，預計訪談兩位以上之專家，並將其結果歸納整合至討論中。討論之議題如下所示：

1. 臺灣目前 3D 列印發展困境：主要針對文件分析法整理出臺灣目前 3D 列印發展之困境進行討論，並加以修正。
2. 印刷產業發展 3D 列印之條件：以 3D 列印之商業模式「材料使用層面」、「技術應用層面」、「使用技術設備管理」、「發展可行性」。

（三）訪談議題設定

專家訪談議題依據問題構面進一步規劃如下：

1. 對於發展 3D 列印之了解程度

可否分享就您對 3D 列印以及其提供的服務的了解？對於 3D 列印可帶來之優勢及機會是否足夠了解？貴公司是否有採用或預計引進採用相關技術服務？若是，目前已規劃至何種程度？若非，是否可與我們分享原因？

2. 發展 3D 列印之困難

就您覺得，貴公司對於發展 3D 列印而言是否可能具有什麼樣的困難或障礙，如：公司成員資訊素養、市場發展…等癥結以致於 3D 發展受限？

3. 內部生產流程條件

就您個人觀感而言，貴公司目前內部生產流程該具備何條件方可適合發展 3D 列印？例如：製造端、材料端、模具端怎麼樣的配置…等？若就臺灣市場整體而言又是如何呢？

4. 外部影響條件

企業外部有著什麼樣的因素，會影響公司發展 3D 列印呢？例如：跟其他產業的競爭、跟其他國家的競爭、臺灣目前的國家政策、世界市場趨勢…等。若就臺灣整理印刷產業而言又有什麼樣的不同呢？

5. 可行性條件評估

您覺得目前臺灣印刷業界是否適合引進 3D 列印技術並運行？例如該具備何種程度的公司規模、經濟規模、相關設備、人員素養…等條件才適合進行 3D 列印的發展？

肆、研究結果

一、研究期程

本研究執行期程如圖 4-1 所示：

研究流程		104 年 9 月	104 年 10 月	104 年 11 月	104 年 12 月
前置作業	文件分析				
	文獻探討				
專家訪談	專家訪談				
	分析與修正				
結果	歸納總結				

二、專家訪談

本研究針對臺灣印刷產業之重點人物進行專家座談，對於「臺灣目前 3D 列印發展之困難」及「印刷產業發展 3D 印刷之條件」兩大方向進行討論。

（一）專家名單

本研究邀請之專家為臺灣印刷產業有 3D 列印技術或者有販售機器設備為主的公司或者工作室，企業經理人及資深從業人員。

表 4-1 專家名單列表

服務單位	姓名	訪談日期
達億機械有限公司	蔡孟原	105/12/25
上山設計工作室	Shawn	105/12/25

（二）專家訪談小結

根據以上專家的訪談意見歸納整理條列如下所示：

1. 為推廣教育技術學程需加強培育人才推動

我們公司是生產 3D 列印機，除了生產 3D 列印機，還提供了代印服務，教學相關應用及 3D 軟體教學與生產，代印服務幫客人印製，為因應客人不需要大量的製造模組，所以幫客人代印的工作不是為機械類的材料，材料所使用為 PLA，蠟，銀，銅，是國外引進專業的列印機，價值將印三百萬台幣，而 3D 列印帶來的優勢，可以在初步打樣上可以取得上較快速的生產與較便宜成本的優勢，或是能給正在開發產品的公司上能有效的幫助。

2. 對於臺灣市場未普及化前提下需要專業繪製人員

3D 列印發展的困難，市場無法普及化，因為在印製前要先使用 3D 列印的軟體繪製才能順利製作 3D 列印，前端製作的人才培養需要三年以上的學習時間，導致培育人才

甚難，所以政府需要較大的投資才有普及化的可能。另外一個障礙是臺灣市場小，臺灣的廠商要投資許多資金才有發展的可能，有許多的投資客會使用對岸的便宜機種，會侵犯到臺灣發展市場。

3.市場定位占優勢，但不及外國市場

本公司本來就是做機械的，公司在於生產機器的方面所有零組件都是自己生產，比起其他公司是從外國引進零件組，精準度會比其他公司來的好，對於市場而言來講就是以自己能掌控的零件來講是佔優勢的。

4.對岸影響甚大及臺灣投資資金不敵其他國家

基本上一定是跟國外的廠商競爭，臺灣的市場在全世界來說相對較小。缺點是進入門檻比較不高，出口有關稅跟運費的價格之下，價錢會相對拉高，以及對岸紅色產業鏈的發展，各個國家有零關稅的優勢。以世界區的發展來講，先進國家已經有在這方面的技術發展，面對國外的競爭，臺灣的技術需要再提升加強。

5.公司規模不用太大適合小公司發展

3D 列印不偏向印刷業，此技術比較偏向機械業，對於歸納於 3D 列印比較曖昧。應用廣泛所以無法定義是哪個領域。有許多做模具的工廠，會引進機器幫客人生產。基本上公司規模不會太大，主要機器取得方便也便宜，專業級的另外說，主要是人員要具備有 3D 列印的操作技術。

6.客製化提升市場需求大幅提升

3D 列印與教育基本教學，此技術可以取代以往要去工廠開模，能大量製造，可以客製化，簡單開模與實驗，因為這個方便性能及時做更改與實驗，對開發產品非常方便，可以帶來的優勢與機會，客製化以及可以立即更改立即修正的好處。目前引進的 FDM 技術溶劑沉澱技術，塑膠的線融化，一層一層堆積成成品。3D 列印的技術很多，目前不考慮再高級技術的範圍。進階的技術甚至能取代木頭支撐。持續使用這個技術比較著重在可以發展更多元的素材，可以使用更多的支撐材質，是做個延伸，而不是技術開發。

7.臺灣代工需發展出能享譽國際知名品牌

3D 列印普及化不過就這三四年的事情，對我們設計端來說，就像電腦一樣，大量使用三四個月就要更換，如果再添加新的機器就要再一次的熟悉摸索，所以需要注意這部分。在推廣教育的課程中，在新聞上被渲染得太厲害，既定印象這技術覺得什麼東西都能做出來，至於鐵與那些材料是需要更高端的機器才能做出來。第一要先溝通，我們使用的技術非其他高端技術，要先考慮到設計層面；第二、3D 列印通常以兩個方式進行，一是掃描，二是設計師建模。一的壞處是有些角度掃描會出現破面，二的好處是在角度超過六十度時會需要支柱，設計師會彌補需要的部分。

8.3D 列印技術結合許多層面的技術

設計端如有採購機器，機器有故障的問題會請廠商來維修，工作室的設計師大部分以工業設計出身，像在工科他們來處理要求的話，會以機能要求、與概念。如與設計出身的人才合作，工科設計在外型上面的話會顯得僵化，所以會互相補足。較多是與平台做結合。全世界的百分之七十八十左右幾乎是臺灣生產或臺灣從對岸引進再銷售，臺灣並沒什麼自己的品牌，這是一個可惜的部分。臺灣太習慣代工，我們很多機器是幫國外代工再從國外帶回來，也許是產業的特性。這方面很難跟大公司或批發的公司做競爭，所以前端的製作是我們的優勢部分，其他教學課程可能是著墨在教建模的課程，模組建的再厲害，也沒辦法應用在生活上，那不如將建模方式做的簡單、有趣、生活化。

9.發展出殺手級技術使市場需求增加

資策會輔助蠻多的，結合工作坊做推廣。我們團隊基本上是做設計，如果也有人效仿我們做一樣或類似的東西，我們可以馬上應變對策，更改設計。臺灣推行再賣機器的部分，設計就是走一個獨立的，所以比較佔優勢。這技術就是一波熱潮，可能在一兩年就沒了，是因為它沒有殺手鐮的功能應用，3D 列印也不便宜，要材料，要費用，要機器，要建模具。優勢是可以比較快設計好需要的模具。如果這技術在臺灣誰能夠走出比較特別的一條路，而且能讓大眾接受，容易想像，會想接觸。其他國家比較有趣的是日本，美國通常是走大型的機具，需要用的機器就去學，才能夠使用。中國是比較朝創業的部分，比較商業化。反觀日本是企業與民間團體結合，一群有喜好的人，結在一起開發，這東西可能擁有商業價值，可能擁有其他的可能性出現。把這個興趣與企業做結合是比較妥當也比較讓大眾接受。

10.與市場消費者結合的關鍵

臺灣是很有技術能做機器，只是我們注重在代工，永遠是注重機器的成本降低，可能品質不好，大眾買回家做之後，印個無所謂的東西後，能做什麼呢？這是可惜的部分。國內 Atom 製作團隊製作小豬撲滿是個好例子。或者一次性的宣傳方式，做完之後就草草了之。如果這技術不思考，告訴大家 3D 列印能跟生活做結合的話，應該會有更好的進展。這個技術現在是一種開放性的技術，可以當作興趣，可以當作副業，產生的可能性自然就大很多。

伍、結論與建議

一、研究結論

依據研究分析所得：3D 列印所帶來的製造業變革，如下表所示：

表 5-1 傳統製造業與 3D 列印差別表

傳統製造	3D 列印
大量製造，以量制價	小量生產，成本均一
規格化	客製化
實體製造	數位製造
減法製造	加法製造
產品設計受限於模具	比較自由發揮
勞力密集	腦力密集
企業選擇低廉勞力地區設廠	企業可在各個市場在地設廠
設計與成品可能有很大差異	成品即時生產，隨時回應市場需求

雖然目前 3D 列印技術越來越精進，應用範圍也越來越廣泛，但是和其他新技術一樣，其應用前景並非完美無瑕。首先，所使用的塑膠材料並非完全無毒無害，若做為需要高溫使用的餐具，是否會釋放出有毒物質還待驗證。其次，為因應不同需求，工件所需的強度不盡相同，而現階段除了部分金屬材料之外，其餘材料的強度仍有待提升。

在國家與社會秩序的考量上，這議題尤其重要。現在連具有殺傷力的槍械都能用 3D 列印輕易打造出來，成為執法當局頭痛的新問題。日本神奈川縣一名大學職員就因為非法製造 3D 列印槍而遭逮捕，其中兩把樹脂手槍經鑑定可以發射實彈，幸好現場並沒有發現適用的子彈。顯然 3D 列印技術普及化之後，其背後所隱藏的治安風險必須重視。

對智慧財產權的衝擊也必須重視。3D 列印技術使玩偶或公仔的再製或重新翻版變得很簡單，這一趨勢會完全改變這類企業在市場上的商業模式與獲利狀況。在法律方面，政府必須審慎思考如何規範，否則很可能引發許多問題，這些都考驗著政府的應變能力。

（一）臺灣目前 3D 列印發展現況及困難

1. 市場技術未普及化前提下培育專業繪製人員甚難

透過專家訪談瞭解臺灣目前多數 3D 列印工廠或工作室將技術說明：印製前要先使用 3D 列印的軟體繪製才能順利製作 3D 列印，前端製作的人才培養需要三年以上的學習時間，導致培育人才甚難，所以政府需要較大的投資才有普及化的可能。

2. 對岸影響甚大及臺灣投資資金不敵其他國家

與國外的廠商競爭，臺灣的市場在全世界來說相對較小。進口門檻不高，出口有關稅跟運費的價格之下，價錢會相對拉高，以及對岸紅色產業鏈的發展，各個國家有零關稅的優勢。以世界區的發展來講，先進國家已經有在這方面的技術發展，面對國外的競爭，臺灣的技術需要再提升加強。

（二）印刷產業發展 3D 列印之條件

1. 未來將成主流市場

由訪談內容可知資訊技術普及化，以及技術的提升，使得 3D 列印具有效且立即性的生產模具，好提供二次修正及研發。3D 列印不會是第一個與印刷業合作的對象，如果硬要跟異業結合的話，可能是考慮醫療業，建造業，或是最基本的水電工，跟印刷不是有程度的關係。大眾甚至不必要有機器就能製作成品，主要是要有模組這個關鍵。但最關鍵性的不外乎是臺灣市場不大這個事實，如何發展出具有臺灣特色的一個性能這是有許多的未知數。

2. 開放原始碼帶來 3D 列表機的普及

開放原始碼之後，許多人開發出直觀好用的轉譯軟體與機器溝通，也開放了硬體造就出平價的 3D 列表機種，所使用的塑膠材料也因為普及化，大大地降低了耗材成本，更重要的是，現在每個人只需要花一些時間學習基本技能，就能夠做出腦海中的原型商品，甚至透過一連串的「新式創業模式」，達到產品量產上市的願望。

3. 前端技術成熟帶動中後端技術成熟發展

由產業前中後端分析，可分為前端設計，中端的設備材料，以及後端的服務提供。前端的設計包含了 3D 繪圖、掃描、分析重建與列印格式處理等四個部分，目前臺灣業者在 3D 繪圖軟體的部分主要以代理國外繪圖軟體為主，但因為專業繪圖軟體的價格較高，因此也出現了很多繪圖功能相對較少的免費開源軟體，如：SketchUp、Auto123D 等。在掃描部分，已經有廠商投入設備開發的工作，如：龍騰科技、三維數碼，但需要搭配掃描設備使用，要大量被消費者應用不是那麼容易。因此也出現透過手機鏡頭進行掃描的應用程式，唯獨目前仍然會受限於環境因素，物品太大或太小、環境太亮或太暗，都會影響最後的成品。在破面分析與切層處理部分，是將 3D 圖檔轉換為可列印圖檔的必經之路，目前相關大部分可以取得免費的軟體，但軟體界面以英文為主，加上可以設定大量的參數，對於一般使用者來說，目前仍然需要具備一定的學習能力與技巧。

二、研究發現

（一）3D 列印技術與文創產業的結合

臺灣是文化創意產業發展未很完整的國家，但是卻發現，各處販售的文創商品其實大同小異，不同的只是特徵物的轉變，例如到處可見的小湯匙商品，不同的只是湯匙上的花紋及圖樣，可能是礙於製程與成本所以發揮有限，但如今在這股自造者風潮下，藉由科技的力量，或許在文創商品的開發上可以做得更加創新、創意。且因為現今 3D 技術的發展，製程與成本已不是產品開發時最重要的考量，而是建立起屬於自我文化創意產業的軟實力，尋找出文化元素，再將之轉換為計畫與實體的創意，例如：文化元素說故事、文化商品語意學的轉換、文創品牌的行銷與包裝等，都是在這波 3D 風潮後，更該思考與發展之處，透過科技技術真正落實文化創意產業。

（二）3D 列印技術並非侷限於一個產業

在這個破壞性製造創新出來之後，引起這麼大話題的首因就是：什麼都能印。當然未來還有許多突破性的技術將由這個技術所延伸，發展的產業有例如：醫學、建築、交通工具、各式各樣的生活用品將能更快速的生產模具，經過互相交流各項產業的技術，並不侷限於單一產業。經由起初的印刷兩字所延伸的各個利益將帶給市場更多更不同的創新。

三、後續研究與建議

（一）研究限制

本研究受限於「3D 列印」FDM 技術目前仍屬於初始的發展階段，並非成熟且市場廣大的產品，還有很多未知數存在於這項產業內，所以研究中會有一部份受到相當的限制。現有市面上的機種幾乎平價，但是使用上還稱不上完善，就算現在微軟作業系統也隨著系統 windows 10 附帶 3D 建模軟體，也並不建議一般的大眾消費者使用。預想將會在將來材料、軟體程式、機械結構、進出材料系統都會有很大幅度的配套改善後，才有可能演化成家用的事務機。

（二）後續研究建議

本研究幾乎可以斷定「3D 列印」是屬於破壞性的創新技術，勢不可擋，將來可能會以事務機型態進入一般家庭，讓人人都能享用這項技術，都能成為設計家，加深文化的底蘊。雖非與印刷產業有一定的關係，但隨著各個領域的結合必能使技術更加的靈活運用，甚至成為微型的生產工具，實現在地化生產用以協助中小企業對抗跨國大財團的有效生產線…等。由於 3D 列印圖檔的設計甚難，也需要有網際網路的支持，往後日子可結合網路實行一個 3D 列印模具等設計空間。很多前衛的工作室已經在實行這樣的一個步驟，創新的設計能隨時更新再修改在實驗，更有學者認為機器人模具已經能列入研究的技術結合。最終衷心期望後續的研究能早一點知道 3D 列印真正的獲利模式。

不僅個人的創業模式可以完整建立，對於生產製造廠商，尤其是 3D 列表機的應用與商業模式更有許多可能。接著，再依據目前至 3 年內可行之方向提出個人見解，並如下圖所示，以 3D 列表機為應用中心，發展出產業與教育兩大應用領域，如下：

產業（Industrial）

1. 展示科技 互動設計、人機介面、建築空間展示。
2. 文創商品 古玩新製、在地文化特色商品。
3. 玩具模型 益智遊戲、組合模型、公仔、Automata。
4. 飾品配件 貴珠寶、流行飾品、鐘錶設計。
5. 文具家飾 個性文具、客製化居家飾。
6. 輔助醫療 老人輔具、孩童居家照顧、動物輔具、客製化醫療輔具。
7. 品食物 蛋糕糕點裝飾、客製化巧克力生產製造。

教育 (Education)

- 1.國高中 科展發表、自然科學學習教材。
- 2.大學大專 各項比賽、畢業製作、原型開發學習。
- 3.研究所 研究輔助器材、研究內容實體化展示。
- 4.工作坊 互動設計、機器人、自造運動。
- 5.補習班 電腦繪圖實體化。

以上只是條列目前可行的發展領域，希望能激發台灣社會更多優秀人才的思考與應用。

參考文獻

- STRANGEADARIO。(2015 年 8 月 23 日)。MIT unveils 3D printing with glass breakthrough。擷取自 Mashable.com: <http://mashable.com/2015/08/22/3d-glass-printing/#VlasEvqABaqy>
- 林紘生。(2010 年 6 月)。網路印刷發展之困難與需求。
- 林鼎勝。(2014 年 11 月)。3D 列印的發展現況。科學發展 (503)。
- 洪辰嫣。(2014 年 11 月 10 日)。下一站，3D 印未來！。擷取自 tedxtaipei: http://tedxtaipei.com/articles/what_s_next_in_3d_printing/
- 范懷仁。(2013 年 5 月)。3D 列印成就快速成型大市場。光連雙月刊 (105)，頁 19。
- 陳忠輝、董書豪。(2014)。3D 列印製造齒模教具之研究。印刷科技，(頁 80-99)。
- 數可科技。(2013 年 5 月)。3D 列印正對未來產生不可預期之影響。光連雙月刊 (105)，頁 19。
- 羅文智。(2014 年 7 月)。從 2D 繪圖到 3D 列印。
-