

分享 3D 模型的合作學習輔助系統：3D 模型共學空間

梁芳綺^{1*} 林毅聖^{1*} 李蔡彥¹ 林顯達²

¹國立政治大學資訊科學系

²國立政治大學教育系

*通訊作者

地址：116 台北市文山區指南路二段 64 號國立政治大學資訊科學系

E-mail：imiris@nccu.edu.tw, 104753004@nccu.edu.tw

摘要

近年來 3D 列印技術普及，逐漸被運用於教育領域中，例如課堂中加入客製化的教具及動手實做，均可增進學生對抽象知識的認識。然而 3D 模型印製的效果與模型設計品質有很大關係，因此我們針對 3D 模型設計，開發一個名為 3D 模型共學空間(3D Model Co-learning Space)的合作學習輔助系統，以支援教學現場 3D 模型的儲存、分享、展示與討論。此系統的特色包含：(1)根據不同大小及形狀的模型，自動計算最佳視角來呈現模型全貌，同時在上傳模型的過程中，作者可進一步修改模型呈現的最佳視角，用以展現模型特色。(2)以群組標籤及屬性標籤呈現不同的分類方式，群組標籤提供使用者分群討論的機制，幫助課程學習及管理；屬性標籤代表作品性質或標註，可使用標籤搜尋到類似的作品。(3)提供同儕互評功能，以群組為單位設計客製化評分項目，對 3D 列印模型的重點特色(例如美觀、印出成功機率、完整性...等)進行細部探討並提出優缺點。在儲存留言時，可加入三種不同範圍的標記符號並自訂留言的視角畫面，以利在 3D 空間中精確限定評論的範圍，再透過按鈕重現評論當下的觀看視角。我們希望透過 3D 模型共同學習空間的教學輔助，可加強學生對 3D 列印模型品質的評斷能力，同時在討論與管理作品的過程中，逐漸學習對於 3D 空間的認知，並從同儕的作品與評論中學習如何改善作品。

關鍵字：3D 列印、3D 建模、合作學習、同儕互評、3D 模型共學空間

壹、前言

近年來 3D 列印技術漸趨成熟多元，且隨著列印設備的革新與大量生產，大幅增加了 3D 列印機的使用族群與人數，並掀起了創課（maker）風潮。跟隨這股趨勢，各國都針對自造者運動與 3D 列印如何深入各級學校，改變教育風貌，提倡做中學的風氣，在政策面與執行端，提出具體的規劃。

在創客人才的培育上，除了 3D 列印等工具使用之技術教導外，也非常重視培養主動創新的態度和能力，以便未來面對挑戰時，能用正面的態度與創新的策略，突破困境解決問題。因此，將 3D 列印技術推廣至中小學教育，除了可以讓國人早日熟悉 3D 列印的可能應用外，並將有助於訓練具主動學習、豐富創意及實務解決能力的人才。

在教育領域中運用 3D 列印輔助教學，例如課堂中加入客製化的教具及動手實做，可增進學生對抽象知識的認識。透過 3D 模型建模的教學可以加強學生對於 3D 模型結構的了解；然而，3D 模型實際列印出來的品質卻受模型本身品質影響很大，例如模型本身的重心、形狀及精細程度等都會影響列印出來的成果品質。

我們認為每位學生對於 3D 列印模型的建模技巧有不同的熟練程度與關注部份，若能透過互相評價學習的方式交換 3D 模型相關的經驗，將有助於加速彼此的進步速度，因此我們針對 3D 列印模型的設計討論開發了一個合作學習輔助系統，名為「3D 模型共學空間（3D Model Co-learning Space）」，用以支援教學現場中 3D 模型的儲存、分享、展示、搜尋與討論等共同學習行為。

我們希望透過 3D 模型共同學習空間的教學輔助功能，加強學生對 3D 列印模型品質的評斷能力，同時在討論與管理作品的過程中，也逐漸學習對於 3D 空間的認知，並從同儕的作品與評論中學習如何改善作品。

貳、文獻探討

一、共同學習融入教學

（一）能動性 (Agency)

能動性是指人類展現跳脫既有框架的自主意志，並且以具體行動轉化既有社會活動運作模式(Giddens, 1979)。若能動者(Agent)能利用適切的工具提高合作的品質，則可持續拓展近側發展區，達成最終的活動目標。而在這拓展活動歷程中，能動者有機會逐漸領會文化工具的作用，由知道怎麼使用工具開始，進一步將這些文化工具經過自己的體會用來創造新的知識(Scardamalia & Bereiter, 1991)。以

活動理論的觀點，能動性的具體表現，可透過以下幾類能動作為(agentive action)：(1)抗拒被動接收活動目標；(2)指出活動需要改進之處；(3)闡明活動可能發展的方向；(4)描繪改變後的活動樣貌；(5)承諾執行可改變活動的作為；(6)看出成員之間的能力互相協助(Edwards, 2005; Lipponen & Kumpulainen, 2011)。因此，能夠讓學習者產生能動作為的學習環境，要有充分的自由度讓學習者創造學習活動的方向，讓學習者之間能夠看到他人需要而提供協助，或是看到他人有可用的資源或能力而要求協助。教師也應扮演支持的角色，給予學習者適度的指引，並且稱許學習者的想法和貢獻。

(二) 同儕互評機制

在過去的研究中，已證明比起以旁觀者身份參與活動，同儕互評機制更能夠鼓勵學生們積極地去參與並融入活動的一部份(Freeman, 1995)，且互評是一個能夠讓學生在學習以及發展的過程對自己行動進行反思的工具(Sluijsmans, Dochy, & Moerkerke, 1998)。

透過專業教師評估的可靠性及有效性較低；而自我評估的可靠性與有效性更低且變化大；然而同儕互評的可靠性及有效性非常高。而透過實驗證明同儕互評機制可以增進學習的效率及品質，且至少跟專業教師評估所增加的效果相當。(Topping, 2003)

Chi 提出一個分類學習回饋的框架，包含四種型態的回饋：正確性、強化性、教導性與建議性。正確性回饋指的是透過同儕的回饋來糾正學生的錯誤回答，且透過這樣的方式可有效減少學生未來犯錯的機率；強化性回饋指的是當學生做出適當或是正確的事情時被以正面的方式鼓勵；教導回饋性指的是同儕以說教的方式或以冗長的說明來指正學生行為的回饋，用來將學生的行為或想法拉回正確的軌道；建議性回饋指的是當學生的初步行為是不完整而非不正確的，同儕會給予建議性的言論諮詢，且建議性回饋可能以提示、猶豫、提高說話音調等方式來使學生重新思考其行為或決定(Chi, 1996)。

線上同儕互評機制不但讓學生有機會從同儕的評論中學習，也讓學生在評論別人的作品時學習，因此同儕互評機制可以增加學生專案製作的品質與學習成果(Tseng & Tsai, 2007)。

研究實驗發現線上同儕互評機制對於學生專案學習的品質有很大的影響。比較同儕互評機制中的評論與評分這兩個項目，研究結果認為比起單純幫同伴打分數，同伴之間提供有意義、有建設性且更具體的評論會更有助於學習。因此應該鼓勵學生們提出有想法和有意義的評論，並在評分時提出說明來解釋自己給對方這個分數的原因(Lu & Law, 2012)。

在網路同儕互評對批判思考能力之影響研究中，研究者指出使用同儕互評機制的班級學生，其批判思考能力有顯著提升，而未參與評題的班級則無明顯進步。實驗結果呈現國小學童能建構出評量的標準，並透過建構該標準的過程中熟悉各項標準意義，而後進行同儕互評，這些過程對批判思考能力具有正面的影響

(于富雲、鄭守杰、杜明璋及陳德懷, & others, 2003)。

國小學生後設認知影響的研究上，研究者提出了對教學的建議：(一)教師可善用網路出題互評練習系統進行同儕互評，並納入教學活動，以提升學生高層次思考能力。(二)視個別學生能力之差異，給予個別輔導或採合作學習方式輔以鷹架支持。(三)適時加入網路禮節的訓練課題(于富雲、鄭守杰，2004)。

二、 3D 模型展示平台

透過自由的上傳模型以及互動式評論，從以往單純提出資訊的 Web 1.0 型態，晉升成能夠分享及討論的 Web 2.0。我們希望將 Web 2.0 資訊科技的特色融入教學之中，且為了掌握基本對於 3D 列印模型分享的功能需求，我們研究了一些線上模型分享平台，以下列舉幾項較大規模的平台：

My Mini Factory 是由全世界最大的 3D 列印零售商 iMakr 所管理，其網站上所有的項目都經過 3D 列印機測試，故保障了 3D 列印模型的品質(“My Mini Factory,” 2016)。

Thingiverse 是目前最大的 3D 列印社群平台之一，支援 3D 列印模型的共享、預覽、下載、評論和作品回饋(“Thingiverse,” 2016)。

Tinkercad 是一個 3D 模型線上建模網站，提供使用者快速且簡單的建模工具及操作模式，因此適用年齡非常廣泛。Tinkercad 也提供了教學計劃分享的功能，幫助老師能簡單地分享專案及教學文件給學生們(“Tinkercad,” 2016)。

雖然網路上已出現眾多的 3D 列印模型分享平台，但是目前仍無平台針對教育應用設計共同學習機制，因此缺少對於年齡層較低的學童之間的學習輔助。

Lin 以網頁為基礎作出一套同儕互評的系統，認為高參與度的學生在互評機制中受益最多，並且這些學生會更願意往高層次的思考或適應新的教學方式。在互評機制中，針對性的回饋會比整體的回饋更有意義，因為針對性回饋可能會包含批評、改善建議或是會對原始概念的解釋(Lin, Liu, & Yuan, 2001)。

參、 3DMCLS 系統介紹

本系統是國立政治大學資訊科學系與教育系共同主持的 3D 列印計畫(3D 列印於中小學教育的創新應用與關鍵軟體技術開發)中所設計開發的 3D 模型共同學習平台(3DMCLS)。本系統在此計畫扮演功能整合及模型分享的角色，如圖 1 中粉紅色區塊的角色位置。

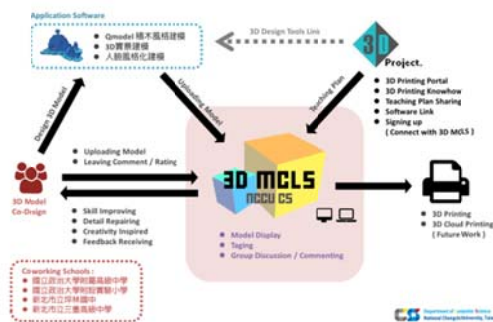


圖 1. 計畫整合流程圖

圖 1 右上角為本計畫官方網站，提供 3D 列印從入門到進階的導覽介紹，並提供教師或學界人士上傳創意教案的空間。接著由主網站的連結導向我們所開發的三種 3D 模型建模系統：QModel 積木風格建模(Hu, Wei, Chen, Wu, & Chi, 2015)、3D 實景掃描建模以及人臉風格化建模軟體，搭配創意教案與教學課程來推廣 3D 列印模型的知識及建模技巧，之後將完成的作品上傳至 3DMCLS，進行課堂評論及同儕互評等共同學習行為，加強學生對模型的創作集評價經驗，並以此完整流程建立一套 3D 列印的推廣及共同學習流程。

一、開發環境

考量到教學環境的多元，我們以跨平台且容易與其他系統銜接的介面設計為優先考量，因此以網頁形式開發 3DMCLS 平台，確保未來本系統在各作業系統的可用性。目前 3DMCLS 主要使用 Chrome 與 Firefox 這兩個較符合 W3C 國際標準的瀏覽器進行功能測試。

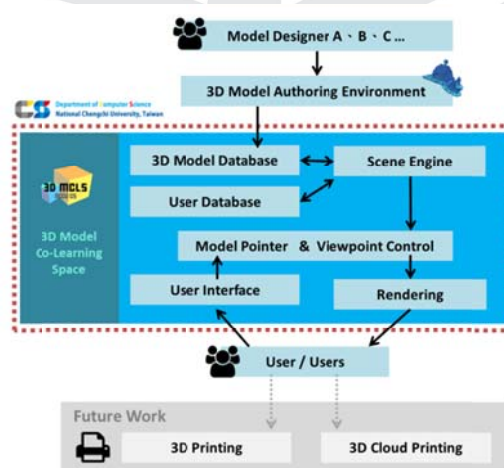


圖 2. 系統架構圖

圖 2 為 3DMCLS 的系統架構圖，紅色虛線框起來的部分為系統實作部分。順著系統架構圖的流程進行說明，上方的模型創作者 (Model Designers) 將之前建立好的 3D 列印模型 (.stl 檔案) 上傳到本系統的資料庫中，透過我們系統將

模型相關資訊以及創作者資訊連接儲存，並於該模型展示頁面中建立 3D 場景（Scene Engine），計算攝影機視角以完整呈現模型（Model Pointer & Viewpoint Control）。使用者透過網頁畫布（Canvas）觀看該模型，並可透過互動介面旋轉及縮放觀看模型的各個角度。

本系統使用 HTML5 與 CSS 進行開發，使用 php 與 MySQL 存取 3D 模型與使用者資料庫，並使用 javascript 開發互動式介面、WebGL 建立 3D 場景與視角計算，最後使用 Canvas 將 3D 畫面呈現在網頁介面上。

二、 介面說明

3D MCLS 提供基本的 3D 模型上傳、分享、分類、展示和討論功能。我們將以電腦版使用滑鼠操作網頁的方式進行介紹。

（一）模型相簿

網頁上方的選單分別是：首頁、模型庫、上傳模型、關於 3DMCLS、使用者頁面。其中首頁的部分會根據受歡迎程度、下載次數、討論次數等進行排名推薦。而模型庫的部分則會列出所有使用者上傳的 3D 列印模型，最上方為最新上傳模型（如圖 3 所示）。

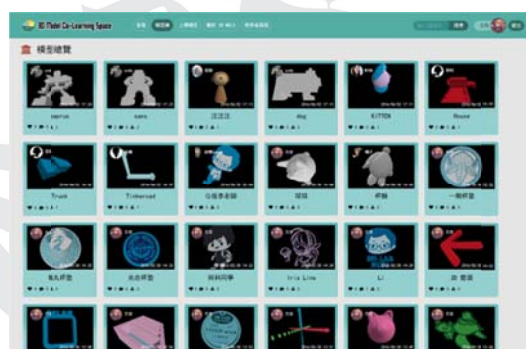


圖 3. 3D 模型相簿

除了首頁分類與模型庫的模型列舉外，使用者也可以使用右上方的搜尋工具尋找想要的模型分類。

（三）3D 模型展示場景與操作

圖 4 為模型的展示頁面，依序列出模型的基本資訊，如作者、上傳時間、簡介、標籤、喜歡數...等。其中網格狀背景的正方形區域為 3D 模型的展示場景，系統自動計算最佳的呈現視角後將成果顯示在此，使用者可於此區域內調整視角觀看模型全貌。

1. 自動計算呈現視角

為避免模型過大或過小導致無法完整看到模型，因此我們根據不同大小及形狀的模型，自動計算攝影機視角，於 3D 空間中呈現模型完整樣貌。

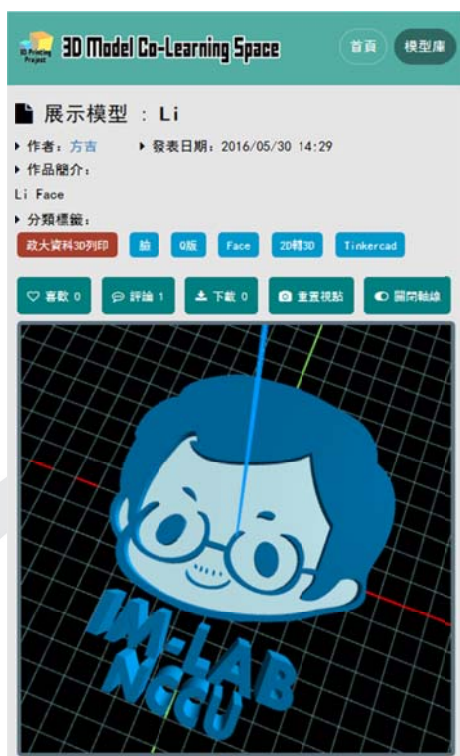


圖 4. 3D 模型於網頁場景中的截圖

2. 操作方式

(1) 旋轉：

使用滑鼠左鍵於 3D 場景區塊中拖動，即可對模型視角做旋轉。

(2) 縮放：

使用滑鼠滾輪於 3D 場景區塊中滾動，3D 模型的展示大小將會調整。

(3) 位移：

使用滑鼠右鍵於 3D 場景區塊中拖動，3D 模型會進行小幅度的位移。

(四) 模型上傳

如圖 5 所示，模型上傳介面分六個區塊：3D 場景、選擇 3D 模型檔案、選擇上傳群組、模型標題、模型描述及模型分類標籤。

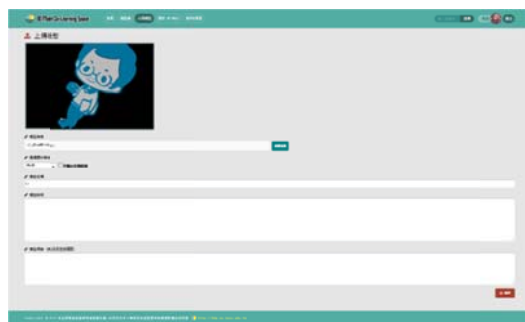


圖 5.模型上傳頁面

使用者選擇模型後可以直接在 3D 場景（黑色區域）中看到模型預覽，即時確認模型是否選對，且可以在此 3D 場景中調整模型的最佳觀看視角。在最後上傳模型時系統會將此畫面截圖，當作在模型庫顯示的預覽圖，展現模型特色。

三、 共同學習功能設計

此平台的設計理念是希望使用者之間能夠互相評論與提供建議，透過共同學習機制幫助使用者對於 3D 列印模型的知識與經驗擴充。

我們將留言評論的部份分成一般留言與同儕互評，並將同儕互評機制定義在“團體”之間，使用者必須先加入一個團體才可進行互評機制。因此我們將標籤功能切割成兩種功能：屬性標籤與群組標籤。



圖 6. 3D 模型於網頁場景中的截圖

(一) 屬性標籤

屬性標籤為圖 6 中的藍色標籤，用來代表作品性質或特色標註，幫助使用者對作品分類或搜尋類似作品。

(二) 群組標籤

圖 6 中紅色的標籤為群組標籤，提供使用者分群討論的機制，用來標註該作品所屬群組，幫助課程/團體學習及管理，並可設定、使用同儕互評功能。

(三) 一般留言功能

一般留言功能區域以遊戲機的視覺效果呈現（如圖 7 所示），除了留下評論外，也可以在 3D 場景中加入三種指標模型，使用編輯區塊內的拉桿來調整指標模型的位置與指標方向，使用者可以選擇適合的指標模型來標記模型的部位或範

圍，以此限定留言討論的模型範圍。一般留言不限制留言次數，可不斷新增留言，討論不同的內容。



圖 7. 一般留言與指標模型功能區塊

在發表留言的同時，平台會記錄當下觀看 3D 場景上的攝影機視角，並可於留言列表中按相機按鈕（如圖 7 左下角留言中的藍色圓形小按鈕）呈現留言當下看到的 3D 場景畫面。

(四) 客製化同儕互評功能

使用者將模型作品上傳至群組後即可開始使用同儕互評功能，同儕互評的評論次數不限，但系統只會顯示最新一筆評論內容。



圖 8. 同儕互評功能區塊

圖 8 為同儕互評功能區域，目前設定四個評論及評分項目，且這四個項目名稱可由群組管理員更改，每個項目為 3D 列印模型的重點特色（例如美觀、印出成功機率、完整性...等），讓群組成員可針對這些項目進行細部探討並提出優缺點。預計未來可結合雷達圖疊合來顯示自評/他評比較。

肆、實驗設計

一、 研究對象

本研究的實驗對象為某國立高中的兩個班級，共 58 人，對於 3D 列印與建模都有基本的瞭解，而根據問卷調查，大多的受測者擁有 3D 模型共創經驗以及使用過 3D 建模軟體（如表 1）。

表 1.受測者相關背景

3D 列印的相關背景	人數(58)
使用過 3D 建模軟體	55 人
使用過其他 3D 模型展示平台/網站	16 人
擁有 3D 列印模型的共同學習/創作經驗	55 人

二、 實驗內容

實驗總共分為四個部份，基本操作、一般留言、同儕互評以及觀看群組功能。

(一) 基本操作

透過事先上傳好的範例模型，同學可以使用 3D 場景來觀看模型的各個角度以及細節部分，接著上傳個人的模型作品到平台。

(二) 一般留言

利用指標模型指出模型中想要評論的區塊，並輸入回饋的文字訊息，再儲存以紀錄當下評論的視角以及區塊。

(三) 同儕互評

群組組員依序評論由群組管理員自訂的評論項目，並給予各子項目對應的分數。

(四) 觀看群組功能

群組成員可以看到群組內各個成員的名單以及分享的模型，並透過群組的分類，與各組員的模型作評論交流。

三、 課程進行流程

實驗開始前，由先前受過教育訓練的課堂老師介紹 3DMCLS 的介面，讓學生對於平台的功能以及操作有初步的瞭解，接著闡述指定任務的步驟與內容。實驗流程總共分為三個階段：指定任務、自由發揮、問卷填寫（如圖 9 所示）。



圖 9. 實驗流程圖

四、 研究工具

(一) 操作工具

為了方便在一般校園作平台的合作推廣，在實驗的操作工具上，我們請學生使用自己校內電腦教室的 17 吋方正螢幕以及電腦主機，並搭配使用 Google Chrome 瀏覽器以達到平台的最佳效果。

(二) 評估工具

本次實驗以問卷填寫做為評估工具，問卷內容包含三大部分：

1. 使用者背景

使用者背景主要詢問使用者對於 3D 列印、3D 模型以及其他相關平台的操作經驗與認知，用於發現特殊結果時探討個體間差異的資訊。

2. 3DMCLS 平台操作回饋

平台操作回饋以五度量表的形式呈現，我們針對 3DMCLS 的易用性、可用性、創意激發、共同學習成效等設計問題，評分項目為：非常滿意、滿意、普通、不滿意以及非常不滿意（由左至右為 5、4、3、2、1 分），之後計算各項問題的平均值與標準差，並探討其原因，作為此次實驗的驗證數據與成果分析。

3. 特色說明及改善建議

特色說明及改善建議的部分採用簡答的方式作答，希望了解對學生而言，3DMCLS 的哪個功能較特別或令他印象深刻，且認為哪些功能非常需要開發或是有待改善。這些項目幫助我們更了解使用者需求，並可作為未來 3DMCLS 平台功能改善的參考。

伍、結果與討論

根據問卷的結果，在基本操作方面，大多的受測者都認為 360 度對於觀看別人的模型以及上傳模型可以即時在 3D 空間觀看模型是相當有幫助的。

在留言方面，對於留言者而言，在留言的時候可以記錄當下觀看的視角以及加入標記符號，對於討論範圍以及敘述留言內容是有幫助的，對於模型作者而言，觀看別人留言的標記符號，可以增加作者對於自己模型被標示部位的注意程度，並同時能夠瞭解不同人對於各種 3D 模型所關注的部位。

有半數以上的受測者認為群組討論的功能特色是特別吸引他們的。有很多受測者希望能夠增加共同作者的設定以及對別人的評論留言再進行回應的功能，進而加強共同創作的擴充性以及同儕互評的回饋層次。

陸、未來展望

本研究以網頁形式開發跨平台且直覺式的操作介面，設計了共同學習輔助功能，提供客製化同儕互評項目，加強 3D 空間討論功能，以模型指標種類設定討論精細度，並記錄了留言當下觀看視角以利使用者回顧。

未來希望能再改良 3DMCLS 共同學習的功能以及易用性，整合其他子計畫所開發的 3D 建模軟體，與 3D 列印廠商協調合作開發雲端列印工具，最終建立一套完善的 3D 列印基礎入門到進階共同創作的學習經歷，適用於各個階段的使用者，並提供不同層次的學習指南，以達到最有效率的學習體驗成果。

柒、致謝

本研究在科技部計畫（MOST 103-2218-E-004-003-）、（MOST 104-2218-E-004-003-）資助下完成，特此致謝。

參考文獻

一、中文部分

- 于富雲、鄭守杰、杜明璋、陳德懷, & others. (2003)網路同儕互評與評量標準來源對批判思考能力之影響, *南師學報: 教育類*, 37(2), 1-21。
- 于富雲、鄭守杰(2004)網路同儕互評與標準建構歷程對國小學生後設認知影響的實證性研究, *國立臺北師範學院學報*, 17(1), 197-226。

二、英文部分

- CHI, M. T. H. (1996). Constructing Self-Explanations and Scaffolded Explanations in Tutoring. *Applied Cognitive Psychology*, 10(7), 33–49.
- Edwards, A. (2005). Relational agency: Learning to be a resourceful practitioner. *International Journal of Educational Research*, 43(3), 168–182.
- Freeman, M. (1995). Peer assessment by groups of group work. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 20(3), 289–300.
- Giddens, A. (1979). *Central problems in social theory: Action, structure, and contradiction in social analysis* (Vol. 241). Univ of California Press.
- Hu, C.-C., Wei, T.-H., Chen, Y.-S., Wu, Y.-C., & Chi, M.-T. (2015). Intuitive 3D cubic style modeling system. In *SIGGRAPH Asia 2015 Posters* (p. 27).
- Lin, S. S. J., Liu, E. Z.-F., & Yuan, S.-M. (2001). Web-based peer assessment: feedback for students with various thinking-styles. *Journal of Computer Assisted Learning*, 17(4), 420–432.
- Lipponen, L., & Kumpulainen, K. (2011). Acting as accountable authors: Creating interactional spaces for agency work in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 27(5), 812–819.
- Lu, J., & Law, N. (2012). Online peer assessment: effects of cognitive and affective feedback. *Instructional Science*, 40(2), 257–275.
- My Mini Factory. (2016). Retrieved May 1, 2016, from <https://www.myminifactory.com/search/?query=free&searchType=1>
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1991). Higher levels of agency for children in knowledge building: A challenge for the design of new knowledge media. *The Journal of the Learning Sciences*, 1(1), 37–68.
- Sluijsmans, D., Dochy, F., & Moerkerke, G. (1998). Creating a learning environment by using self-, peer-and co-assessment. *Learning Environments Research*, 1(3),

293–319.

Thingiverse. (2016). Retrieved May 1, 2016, from <http://www.thingiverse.com>

Tinkercad. (2016). Retrieved May 1, 2016, from <https://www.tinkercad.com/>

Topping, K. (2003). Self and peer assessment in school and university: Reliability, validity and utility. In *Optimising new modes of assessment: In search of qualities and standards* (pp. 55–87). Springer.

Tseng, S.-C., & Tsai, C.-C. (2007). On-line peer assessment and the role of the peer feedback: A study of high school computer course. *Computers & Education*, 49(4), 1161–1174.



A Collaborative Learning System with 3D Model Sharing: 3D Model Co-learning Space

Fang-Chi Liang

Department of Computer Science

National Chengchi University

imiris@nccu.edu.tw

I-Sheng Lin

Department of Computer Science

National Chengchi University

104753004@nccu.edu.tw

Tsai-Yen Li

Department of Computer Science

National Chengchi University

li@nccu.edu.tw

Hsien-Ta Lin

Department of Education

National Chengchi University

hsienta@nccu.edu.tw

Abstracts

In recent years, 3D printing technologies have become prevailing in educational environments. For example, allowing students to design 3D models or use customized teaching aids in class can facilitate their understanding of abstract concepts. Nevertheless, the printing quality of 3D models is closely related to the design quality of the model, which is also the goal of the classes teaching 3D modeling. In this work, we have developed a collaborative learning system called “3D Model Co-learning Space” to support the storage, sharing, display, and discussion of 3D models. The system has the following features: (1) Given a 3D model, the system can automatically compute an optimal view based on the size and the shape of the model. The system allows the authors to adjust the view if not satisfied. (2) The system provides group tag and attribute tag to label an updated model. The teachers can use the group tag to divide a class into groups and use attribute tag to annotate the model for searching. (3) The system provides the function of peer review, in which each member of a group can evaluate and comment on a given 3D model based on its characteristics such as appearance, printability, completeness. When making a comment, a user is allowed to choose a viewpoint and place a marker on the model to point out the target of the comment. Other users can simply click on the comment button to restore the view set by the peer. We hope that through the 3D model co-learning space, we can not only allow the students to easily share their design of 3D models, but also enhance the students’ ability in comprehending and improving the quality of a 3D model.

Keywords: 3D Printing, 3D Modeling, Cooperative Learning, Peer Assessment, 3D Model Co-learning Space