

教育部 110 年度大專校院教學實踐研究計畫

教育部教學實踐研究計畫成果報告

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PEE1100846

學門專案分類/Division：工程學門

執行期間/Funding Period：2021.08.01 ~ 2022.07.31

逆向工程實務 教學實踐研究計畫

Reverse Engineering Practice Teaching Practice Research Program

課程名稱 /Course Name：逆向工程及實習/

Reverse engineering and practice

計畫主持人(Principal Investigator)：藍翔耀 Lan Hsiang-Yao

共同主持人(Co-Principal Investigator)：無

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：中華科技大學機械工程系/

China University of Science and Technology

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2023 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2022.08.22

110教學實踐研究計畫成果報告

摘要

逆向工程技術是數位製造與創客教育重要的一環，教育部也鼓勵學校推行「三創教育」，以翻轉教學。然而學校現今「逆向工程」課程的教學，僅侷限於「對原模型掃描成STL檔」後直接加工，沒有進階教學於「CAD圖的修改」，形成產學落差，學生學習也會覺得單調、枯燥，而缺乏興趣。

本研究計畫，以大學部「逆向工程及實習」課程為研究主題，課程內容涵蓋「電腦繪圖、進階繪圖應用、逆向工程掃描、3D列印」，是一門整合型的應用課程。如何經由務實教學、貼近產業、翻轉教學，以提升學生的學習興趣。

本計畫採用「做中學」配合「專題導向學習」的教學策略，分組共同學習。為了達到更好的學習成效，沿用大一時學過的電腦繪圖軟體Catia作為進階教學之軟體，不但可讓「設計」到「製造」課程產生連貫性；且Catia擁有超強的「逆向工程模組」，於「進階繪圖」將掃描後的STL檔還原成CAD圖或修改CAD圖時，能選用同一教學軟體，讓教學具有延續性，也可以免除「不斷更換繪圖軟體」的疑慮，減少重新教導繪圖的時間，有更多的實作時間。

為了提高學生的學習成效，同時驗收以前3D列印的學習成果，採購零組件「自組3D列印機」，讓學生將「修改完的CAD圖」作品能列印出來，與「原模型」做一比較，完成創客自造的目標。

關鍵詞：電腦繪圖、逆向工程、創客教育、專題導向學習、做中學

Abstract

Reverse engineering technology is an important part of the education of digital manufacturing and maker education. Creativity, innovation and entrepreneurship have been seen as an important source for promoting national competitiveness, and an educational objective valued by many countries. However, the school's reverse engineering curriculum teaching, only limited to the original model scanned into STL files after direct processing, no advanced teaching in CAD model modification. It creates a gap between production and learning, students will also feel monotonous, boring, and lack of interest.

This research program, with the University Department of Reverse Engineering courses as the research topic, covers computer graphics, advanced drawing applications, reverse engineering, 3D printing. It is an integrated application course. How to improve students' interest in learning through pragmatic teaching, close to the industry and flipping teaching.

This research uses "learning by doing" and "project-based learning" in teaching strategies, study in groups. In order to achieve better learning results, using the freshman computer graphics software Catia as advance CAD teaching software. Its advantages are (1) to "design and manufacturing" courses to produce consistency. (2) Catia has a Reverse Engineering Module, "Design and advanced drawing" the choice of the same teaching software, can eliminate "keep changing of drawing software" doubts, reduce the time to re-teach drawing, more time to bet on the actual processing exercises.

In order to improve the learning effectiveness of students, Buy parts to assembly 3D printing machine, for the "modified CAD model" can be printed, compared with the "original model" to complete the goal of the maker education.

Keywords: Computer Graphics、Reverse Engineering、Maker Education、Project-Based Learning、Learning by doing

目 錄

摘要.....	II
Abstract	II
一、研究動機與目的(Research Motive and Purpose)	1
二、文獻探討 (Literature Review).....	2
三、研究問題 (Research Question).....	3
四、研究設計與方法 (Research Methodology).....	3
(一) 研究架構.....	3
(二) 研究設計	5
(三) 研究範圍	7
(四) 研究對象.....	7
(五) 研究方法	8
(六) 課程與教學活動	8
五、教學暨研究成果 (Teaching and Research Outcomes)	11
(一) 自行組裝 3D 列印機台	11
(二) PBL 教學實作成果 1：大瓶子-銀寶善存罐子	12
(三) PBL 教學實作成果 2：小瓶子-台糖南瓜子油罐子	12
(四) PBL 教學實作成果 3：不規則瓶子-科學中藥罐子	13
(五) PBL 教學實作成果 4：面具.....	13
(六) 校外參訪	13
(七) 研究成果.....	14
1. 課程學習成效評量.....	14
2. 各項實作人數百分比比較.....	15
3. 逆向掃描實作人數百分比比較.....	16
4. 輸出作品實作人數百分比比較.....	17
5. 各項完成實作人數及時數.....	18
6. 教學動態評量.....	18
六、建議與省思 (Recommendations and Reflections).....	19
參考文獻 (References).....	19
附件 (Appendix).....	20
1. 課程學習成效與滿意度評量表.....	20
2. 前後測學習成效評量表.....	21
3. 課程實作學習 動態評量表.....	21

一、研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

1. 研究動機

逆向工程技術是數位製造重要的一環，也是創客教育的一環，現今各國政府與學校單位，均積極推動創客自造、創客教育等翻轉教學，讓創意可視化，發展文化創意、創意設計等激發年經學子的創意，活絡智慧自造，促使產業增值，增加經濟效益。

坊間創客教育之內涵包含「電腦繪圖、3D 列印、逆向掃描工程、CNC 加工」等，系上對應於與本計畫相關的課程有「電腦繪圖、3D 列印、逆向工程」等，在前述各項優越條件下，學生上課理應更有興趣、更加投入才對，然而在基礎原理課程講授時有聽的同學已經不多，於機台實作時，學生學習意願低落，探究學生學習意願低落的原因有：

- (1)同學錯誤認知「反正到職場都要重新學習」，加以學校沒有貼近產業。現今學校「逆向工程」課程的教學，只有掃描樣品 → 列印，只教導一半，形成產學落差。
- (2)學生對於「逆向工程技術」課程，只有掃描樣品 → 列印，覺得單調、枯燥，而缺乏興趣。
- (3)基礎「電腦繪圖」與「進階繪圖應用」或「逆向工程軟體」軟體無法連貫使用，於「進階」課程時需重新學習新繪圖軟體，降低學習意願。
- (4)對於學習只想愈簡單愈好，學習目標設定為知道就好，不想進一步體驗

然而技職學生最大的特色就是「具有實作的能力」，而「電腦繪圖、3D 列印、逆向掃描工程」甚至於 CNC 加工等課程，不但為機械系學生之基礎學科且為創新創客教育之重要一環，只要能善加誘導學習，將可發揮每一個孩子無限的創意，發揮創客自造，人人即工廠，活絡智慧自造，促使產業增值，增加經濟效益。

產業界完整的逆向工程製作流程為「掃描樣品 → STL 三角網格檔 → 還原成樣品 CAD 實體圖 → 修改 CAD 圖 → 列印成品」，如圖 1 所示。目前學校教學只著重於「掃描樣品 → STL 三角網格檔 → 列印成品」，缺少了最重要的「修改圖形」，如此所作出來的產品與樣品相似度幾乎達 100%，雖然美觀 100%，但卻忽略了「智慧財產權」的問題，因此不但與產業界產生了落差，也讓學習變得單調、枯燥，而降低學生的學習意願。

良好的學習需具有延續性並能與產業銜接，試圖翻轉教學，發揮技職學生的特質--「動手做」。本計畫延續使用一年級 Catia 繪圖軟體中「逆向工程」模組來教導學生，讓「基礎電腦繪圖」與「進階繪圖應用」產生連貫性，改善學生不斷重新學習適應新繪圖軟體，降低學習意願的問題，也藉以彌補逆向工程教學中所缺少且最重要的一塊拼圖：「還原成樣品 CAD 實體圖、修改 CAD 圖」，於教學中也間接培養學生「專利與智慧財產權」的觀念。

2. 研究目的

Catia 是由法國達梭系統(Dassault Systemes S.A.)公司開發的跨平台商業 3 維 CAD 設計軟體，除了具有坊間公認漂亮的 3D 曲面功能外，並包含有逆向工程模組、造型設計模組、CNC 加工模組、產品渲染展示模組等上下垂直整合的跨平台功能，目前廣泛應用於航太產業、汽車產業、工具機產業、工(商)業設計產業等。本研究基於前述研究動機，選擇以大學一年級時同學熟悉的 **Catia** 繪圖軟體為教學工具，對大學部「逆向工

程及實習」課程實施教學創新研究計畫，該課程涵蓋「電腦繪圖」、「進階繪圖應用」、「逆向工程掃描」與「3D 列印」，是一門整合型的應用課程，也是一門帶有「專利與智慧財產權」的務實學習，如圖 1 所示。期盼能透過教學方法及教材教具的輔助翻轉教學，並了解對大學部「逆向工程技術」課程學習成效之影響。總合其研究目的如下：

- (1) 探討透過教學軟體的選用：了解「電腦繪圖」、「進階繪圖應用」與「逆向工程」課程連貫性與學習態度的影響。
- (2) 探討透過教學軟體的選用：了解「進階繪圖應用」與「逆向工程」課程，對學生產業實務技能與智慧財產權的影響。
- (3) 分析教學軟體整合與自組的 3D 列印機台實作，對於「逆向工程」課程，學生實作課程學習成就的影響。

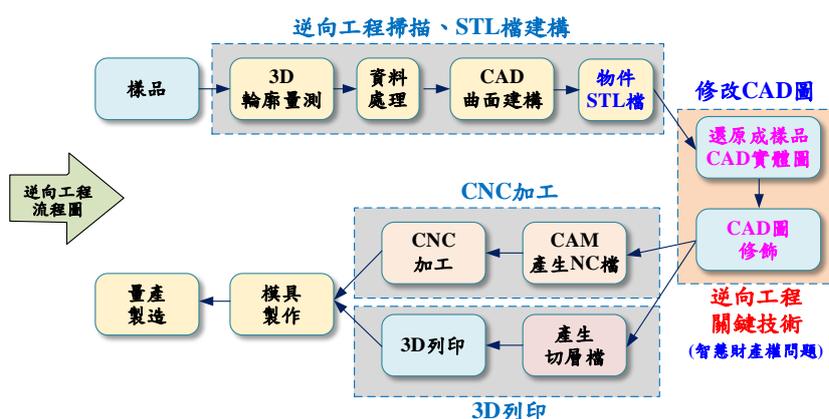


圖 1. 逆向工程技術完整流程

二、文獻探討 (Literature Review)

教育部 108 年度施政方針指出「發展多元創新高等教育、優化技職校院實作環境、強化產學鏈結、縮短學用落差、培育產業發展轉型需求的新興數位科技人才」等五大前瞻能力，因此各級學校為了實踐教育部的施政方針，近年來問題導向學習 (problem-based learning, PBL) 或專題導向學習 (project-based learning, PBL)，成為許多學者積極投入的研究，PBL 也成為當下火紅的教學策略。

學者 (Barrows, 1996) 指出，一般認為問題導向學習教學模式上有六個主要特色：(1) 以學生為中心的學習，(2) 以小組方式學習，(3) 教師為引導者，(4) 學習的主軸來自真實生活問題，(5) 問題本身是提升解決問題技巧的工具 (6) 學生藉由自主學習獲得新知。但對於工科學生而言，專題導向學習的教學模式，更具體也更實際來讓工程領域學生學習如何解決問題 (Esche, 2002; Hadim & Eshe, 2002)。學者 (計惠卿、張杏妃, 2001) 指出 PBL 教學策略是一種以學生為中心的教學策略和學習過程，教師居於從旁輔導的角色，文中亦提到 PBL 的理論基礎有建構主義、情境學習以及合作學習。學者 (沈揚庭、戴沛吟, 2016) 指出，在專題導向學習的概念下，以構思 Conceive、設計 Design、實現 Implement、運作 Operate 之流程結合的教育理念也被工程教育領域所重視。「CDIO 提倡在基礎知識、個人能力、團隊溝通能力和系統能力四個層面上進行綜合培養的教學模式使之能夠成為符合企業實際需要的人才」

另外，學者 (賴阿福, 2004) 指出，基於杜威的「做中學」(Learning by doing) 理念，

應用專題導向學習，讓學生在真實環境下，投入於解決挑戰性問題，可將學習獲得之知識能彈性應用、且熟練流暢地被運用在真實的情境任務中；學者（林俊明，2016）研究發現學生參與分組合作學習後，大多數學生將對該門課程視為有趣的課程，進而提升學習動機；學者（黃敦煌、梁正鍊，2017）運用分組合作學習教學方法在數學補救教學實務上，量化評量結果發現分組合作學習使一般學生的學習成就、學習態度均上升；學生質性問卷的回饋也發現：學生成績提升、不再討厭數學。

學者（Kivunja, 2015）指出，面對快速變化的時代，教學現場所學的往往趕不上社會變化，因此學校所教授的不應再是針對特定技術或工作技能，反而是透過教導學生具備4C的能力，透過批判性思考(critical thinking)、溝通(communication)、合作(collaboration)及創意(creativity)的訓練，讓學生具備自學力(self-learning ability)。

綜合以上學者，本計畫以杜威的「做中學」理念，應用專題導向學習方法，分組合作學習，教師從旁輔導，培養學生CDIO之自學力，使之能夠成為符合企業實際需要的人才。

三、研究問題 (Research Question)

本研究於課程教學現場試圖解決之問題有：

- (1)學生對於「繪圖、設計」與「製造、應用」等課程，總是視為互相獨立的課程，無法互相連結與應用。
- (2)基礎「電腦繪圖」與「進階繪圖應用」或「逆向工程軟體」軟體無法連貫使用，於「進階應用」課程時需重新學習新繪圖軟體，降低學習意願。
- (3)現今學校「逆向工程」課程的教學，只著重於「掃描樣品 → 自動生成 STL 三角網格檔 → 輸出列印」，相對於產業界只教導一半，形成產學落差。
- (4)學生對於「逆向工程技術」課程，只有樣品掃描 → 列印，覺得單調、枯燥，而缺乏興趣。
- (5)對於學習只想愈簡單愈好，學習目標設定為知道就好，不想進一步體驗。
- (6)學生對未來生涯無規劃，走一步算一步。

四、研究設計與方法 (Research Methodology)

(一) 研究架構

本研究計畫以「逆向工程技術」為研究主題，課程內容涵蓋「電腦繪圖、逆向工程、進階繪圖應用、3D 列印」，是一門整合型的應用課程。如前所述，產業界完整的逆向工程技術流程，如圖 1 所示，而目前全國技職大專院校，對於「逆向工程」教學，大都只著重於「掃描樣品 → 自動生成 STL 三角網格檔 → 列印」，很少涉略到「還原成樣品 CAD 實體圖」，若有少部分的學校有教導學生使用所謂「逆向工程專業軟體」，來「還原成樣品 CAD 實體圖」，但因逆向工程掃描儀所搭配的專業軟體通常有幾個缺點：(1)艱深不容學習，(2)產品與其他 CAD 軟體相容性差。教學上對於「3D 電腦繪圖」與「專業應用教學軟體」，如逆向工程與 CNC 加工，採不同的教學軟體，對於早期學生，學習態度較佳，不會造成困擾；然而對於當今的學生，只想愈簡單愈好、不想學習太多，可能就不想學了。因此，考量當今學生的特質，慎選電腦繪圖軟體，希望可以將 CAD 與專業應用教學軟體，兩項結合共用一套軟體向下延伸，使教學具有延續性，也可省下重新學習新軟體的適應時間，將多餘的時間投入於實作課程，讓學習成效從「知道」，變成可以「帶著走」的技能，亦可改善

現在學生的迷失：

- (1) 學生對於「繪圖、設計」與「製造、應用」等課程，總是視為互相獨立的課程，無法互相連結與應用。
- (2) 「電腦繪圖」與「逆向工程、CNC 加工」專業軟體無法連貫使用，於專業應用課程教學時需重新學習新繪圖軟體，降低學習意願。

如前所述，產業界完整的逆向工程製作流程為「掃描樣品 → 自動生成 STL 三角網格檔 → 還原成樣品 CAD 實體圖 → 修改 CAD 圖 → 列印成品」，若學校教學只著重於「掃描完直接列印成品」，缺少了最重要的「修改圖形」，如此所列印出來的產品與樣品相似度幾乎達 100%，雖然美觀一百分，但卻忽略了「智慧財產權」的問題，因此不但與產業界產生了落差，也讓學習變得單調、枯燥，而降低學生的學習意願。

台灣常見「3D 電腦繪圖」的軟體很多，包涵有「Catia、Solidworks、AutoCAD、ProE、…」，如果同時考慮學生「學習入門難易性、學習的延伸性、3D 曲線曲面的美觀性、商品從設計製造到產品展示的垂直整合性、…」等功能，當首推由法國達梭系統（Dassault Systemes S.A.）公司開發的 **Catia 3 維 CAD 設計軟體**，它包含有「零件設計模組、造型設計模組、工程圖模組、組合圖模組、組裝模擬模組、逆向工程模組、CNC 加工模組、產品渲染展示模組、…」等等具有完整上下垂直整合的跨平台功能，目前廣泛應用於航太產業、汽車產業、工具機產業等。

選用 **Catia** 軟體向下延伸教學，作為進階繪圖應用演練時之軟體，除了有前述的 2 項優點：(1) 讓學生真實體會到「電腦繪圖」與「機械製造」課程的連貫性。(2) 「電腦繪圖」與「進階繪圖應用」選用同一教學軟體，可以免除學習「不斷學習新繪圖軟體」的疑慮，減少重新教導繪圖的時間，有更多的時間投注於實際加工的練習外，更重要的是可教導學生完全參與「逆向工程製程的完整的流程」，讓學習更貼近產業，亦可間接學習到「專利與智慧財產權」的基本知識，成為一個有溫度的學習與「帶著走」的技能。未來即使到業界更換不同軟體使用，因為學習踏實熟練有自信心，當可輕易的轉換成功。

本計畫課程內涵屬於實務技術型課程，因此採用「做中學」配合「專題導向學習」的教學方法，分組共同學習。課程內容以完成逆向工程完整流程教學為目標，共分五個階段教學：

- (1). 逆向工程掃描：以 PBL 教學模式，分組合作學習，教學助理的引導充分討論、發掘問題，老師從旁輔導。
- (2). STL 三角網格檔建立：講授逆向掃描應注意的地方與技巧、遇到破洞如何處理等事項後，以 PBL 教學模式，逐題教導演示，分組合作學習，教學助理充分引導討論、發掘問題，老師從旁輔導。
- (3). 還原樣品 CAD 實體圖：這是「逆向工程的關鍵技術」，也是本計畫實施最重要的目標之一，因此課程安排時間也較多。而教學助理的引導，也將是本教學目標成功的關鍵因素之一，為了能順利完成教學目標，於每一例題演練前，教師每組挑選優秀的同學利用課餘時間先教導熟練，這些參與學生於上課演練時作為種子教師或教學助理，因計畫參與學生對於 **Catia** 繪圖軟體大都具有一定程度的熟悉度，因此在 PBL 教學模式下，從「做中學」分組

合作學習，加以教學助理充分引導，教師從旁觀察、輔導，適時指導同學，應可順利完成教學目標。

- (4).修改 CAD 圖：逆向工程技術，又被稱為「數位複製」，因此若在樣品掃描完成就直接列印輸出，這樣所列印出來的成品與原樣品相似度幾乎達 100%，將有「侵權」的疑慮，因此為了避免侵權，必須「修改 CAD 圖」，變成「新式樣」，也藉以教導學生「專利與智慧財產權」的實務學習。因計畫參與學生對於 Catia 繪圖軟體大都具有一定程度的熟悉度，有了「樣品 CAD 實體圖」，要完成修改 CAD 圖，應當可輕鬆上手。如果能融入「創新、創意」的觀念，那將更完美，只是這又是一門新的重要課題。
- (5). 3D 列印輸出作品：為了讓學習更有溫度與觸感，鼓勵同學將「原樣品」與「修改後的 CAD 圖作品」列印輸出，互相比較，讓學習更有成就感。另外為了更方便同學列印，也藉此機會讓同學學習 3D 列印的關鍵技術，也利用課餘時間，挑選優秀的同學，採購零組件「自組 3D 列印機台」。

最後將 PBL 教學過程所紀錄學生實習實作評量表所獲得的資料處理與分析，並比較經由本研究計畫實施與歷年使用傳統教學，在「樣品掃描、還原成樣品 CAD 實體圖、修改 CAD 實體圖、作品輸出」各項，學生實際參與或完成的人數作分析比較，藉以瞭解 PBL 融入教學課程上的成效；最後經由 PBL 的學習，各組各派 1 人作成果分享報告。其整體架構圖如圖 2 所示。

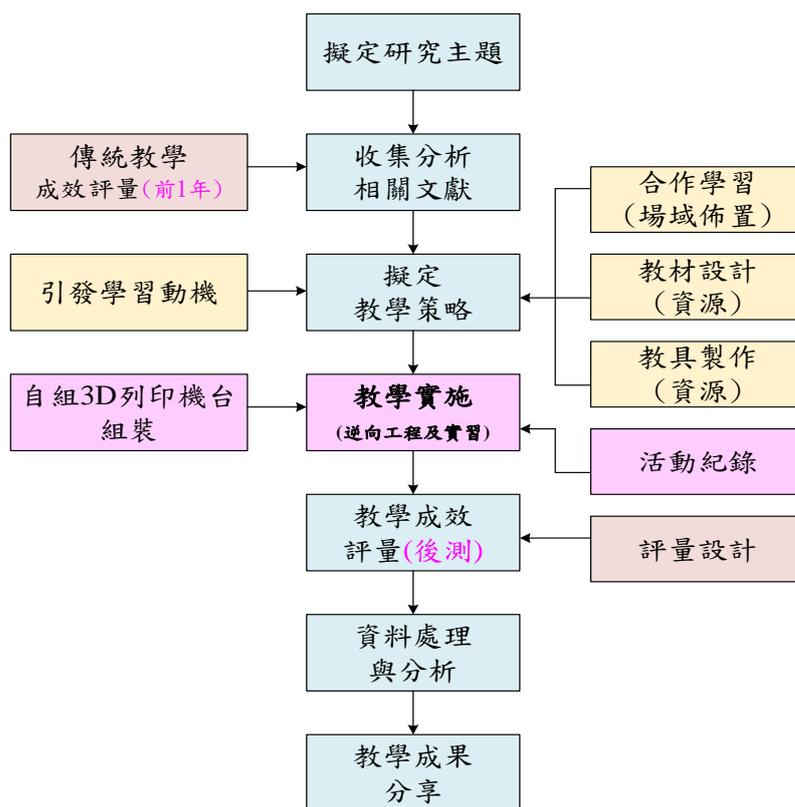


圖 2. 逆向工程及實習 研究架構圖

(二) 研究設計

- (1) 本研究計畫以大學部「逆向工程及實習」為研究主題，以「做中學」配合實務型的專題導向 PBL 為教學策略，分組合作學習，每組分配教學助理，教師從旁教學輔導，隨時觀察學生的學習狀況。因為本系同年級招收 2 班，「一般機械組與動力機械組」各一

班，且動力機械組招收的對象是以高職汽車科學生為主，因此兩班學生基礎知識相差太大，不適宜做為研究計畫之對照組，因此在研究設計上為了較能客觀分析本計畫「研究目的」與教學成效，將以大四「一班機械組」學生為對象，於大四開課也較能順利銜接產學。

(2)研究設計取樣分析模式：

(a)第一種取樣：是計畫實施當年與前一學年學生比較。本系於 109 學年度下學期，本計畫審查期間，剛好有開設「逆向工程及實習」的選修課，其教學結果可作為本計畫實施的「學前」數據分析，相當於本計畫超前佈署，提前一個學期實施。

(b)第二種取樣模式：經由本計畫實施「教學加深加廣」，且將「基礎電腦繪圖」與「進階繪圖應用」軟體統一，連貫應用於「逆向工程技術」課程後，實際教學效果。期盼經由「基礎電腦繪圖與進階繪圖應用」軟體的統一與「自組 3D 列印機台」的投入實作等教學策略，透過「做中學」與 PBL 的教學模式，可以提升學生的學習動機、主動學習，由實作中建立知識與技能，經由合作學習，培養學生溝通表達、解決問題的能力，使教學能貼近產業，縮短產學落差，成為一個有溫度的學習。其整體研究設計規劃如圖 2 所示，其課程進度概要如表 1 所示，圖 3 是研究設計循環圖。



圖 3. 研究設計循環圖

表 1. 課程進度概要

逆向工程及實習 教學之課程進度				
週次	章節主題	課程內容	時數	備註
1	逆向工程概論	1.課程內容、教學方法、分組說明 2.逆向工程的原理與應用介紹 3.逆向工程應用實例探討	3	計畫說明 PBL 分組
2-5	逆向工程掃描 (樣品掃描、獲取 stl 網格檔)	1.實驗室逆向工程軟硬體設備說明 2.手持式逆向掃描儀實作 3.藍光逆向掃描儀實作 4.完成：樣品 → 掃描 → 生成 STL	12	1.PBL 分組 教學 2.自製教材

		三角網格檔		
6-8	進階繪圖應用 (還原成樣品 CAD 實體圖)	1.Catia 零件設計模組教學(複習一年級) 2.Catia 逆向工程模組介面教學 3. Catia 逆向工程模組實務應用教學 4.完成：STL 三角網格檔 → 還原成 樣品 CAD 實體圖	9	教具準備 時間 3.課餘自組 3D 列印機 台組裝
9	期中評量	學校期中考(電腦上機實作成果評量)	3	
10-13	進階繪圖應用 (修改 CAD 實體 圖)	1. Catia 零件設計曲面教學 2. Catia 逆向工程模組實務應用教學 3.完成：還原的樣品 CAD 實體圖 → 修改 CAD 實體圖 4.專利與智慧產產權簡介	12	
14-17	輸出作品 (3D 列印機實作)	1.自組 3D 列印機台實作教學 2.原模型樣品列印 3.修改後的模型樣印	12	PBL 分組 實作教學
18	期末評量	1.學習成效分享 2.期末紙筆總結評量	3	
其他	教學助理培養	1.教學助理是本計畫成功的一大因素。 2.第一年實施：必須於每一課程教學前，於班上找出學習認真的同學，教師先私下教導熟練，培養「種子教師」，作為分組學習時的教學助理。 3.第二年以後實施：建立了學習風氣，就可以「學長帶學弟」的方式，較容易的找到教學助理。		1.因時間關係，此一部份不包含於本計畫課程時段 2.成果檢驗

(三) 研究範圍

本研究設計以大學部「逆向工程及實習」課程為探討範圍，以「做中學」配合實務型專題導向 PBL 為教學策略。探討如何經由教學方法及教材教具的改變翻轉教學，試圖將「逆向掃描」、「電腦繪圖」及「3D 列印」，課程作一連貫，是一門整合型的應用課程，如圖 1 所示。讓學生親自感受「電腦繪圖」與「機械製造」不再是互相獨立的，改善學生不知學何所用?產生嚴重的學用落差。

另一方面，教學著重於「完整的逆向工程製程」教學，使教學貼近產業，減少產學落差。也利用課餘時間，教導學生自組 3D 列印機台，讓學生也能接觸到 3D 列印的關鍵技術，也有更多的機台能完成逆向工程作品的列印。

(四) 研究對象

現今各國從政府與學校單位，均積極推動創客自造、創客教育等翻轉教學，讓創意可視化，並發展文化創意、創意設計等激發年經學子的創意，活絡智慧自造，促使產業加值，而「電腦繪圖、3D 列印、逆向工程技術」，是創客教育內容不可或缺的重要一環。因此本研究的研究對象為「機械工系」的大學部學生，期望藉由教學方法與教材教具的輔助翻轉教學。

本研究計畫以「逆向工程技術」課程為研究主題，課程內涵屬於實務技術型課程，因此採用「做中學」配合「專題導向學習」的教學策略，分組共同學習，其教學的場域包含有「校內實驗室實作+公司參訪研習」；其中校內實作場域包含「逆向掃描教學實驗室、CAD 電腦繪圖實驗室、3D 列印實作」。將同學 3-5 人分成一組，經由合作學習、互相探討，建立逆向工程技術的基本知識與技能，最後各組各派 1 人作成果分享報告。

(五) 研究方法

- (1)以**準實驗研究法**(quasi-experimental research method)。
- (2)對同一授課班級，於「逆向工程及實習」課程，進行教學實踐研究，採用「本計畫教學方法」與「前一年傳統教學方法」，收集資料做比較分析，如表 2 所示。

表 2. 逆向工程及實習 課程實作評量表 (完成項目直接打✓，時數直接填入概算值)				
評量項目	逆向工程掃描	還原成樣品 CAD 實體圖	修改 CAD 實體圖	輸出作品
實作完成項目				
完成時數				

說明：(0)沒有； (1)1 小時以下； (2)1-2 小時； (3)2-5 小時； (4)5-10 小時； (5)10-15 小時； (6)15-20 小時； (7)20-25 小時； (8)25-30 小時； (9)30 小時以上

- (3)輔以教學過程之**動態評量紀錄**來分析檢視教學成效，如表 3 所示。

表 3. 動態學習成效評量表 (教師)				
	學習熱誠	相關概念的理解	知識的活用性	作品完成的熟悉度
逆向工程掃描				
還原成樣品 CAD 實體圖				
修改 CAD 實體圖				
輸出作品				

(六) 課程與教學活動

本計畫實施之教學場域有「實驗室實作+公司參訪研習」，包含校內的「逆向掃描教學實驗室、3D 列印實作」，及校外公司參訪研習。

- (1)**逆向掃描實作**：逆向掃描練習時於有 B403 教室，如圖 4 所示。



(a)逆向掃描前工件噴消光粉



(b) 逆向掃描儀操作練習

圖 4. 逆向掃描實作練習

(2) **STL 三角網格檔建立**：COMET L3D 藍光掃描儀，搭配 COMET plus 介面操作軟體，教學過程中均備有完整的操作手冊，學生也很容易上手，如圖 5 所示。經由逆向掃描完成自動生成的 STL 檔，圖 6 為模型樣品及掃描後的 STL 三角網格檔。

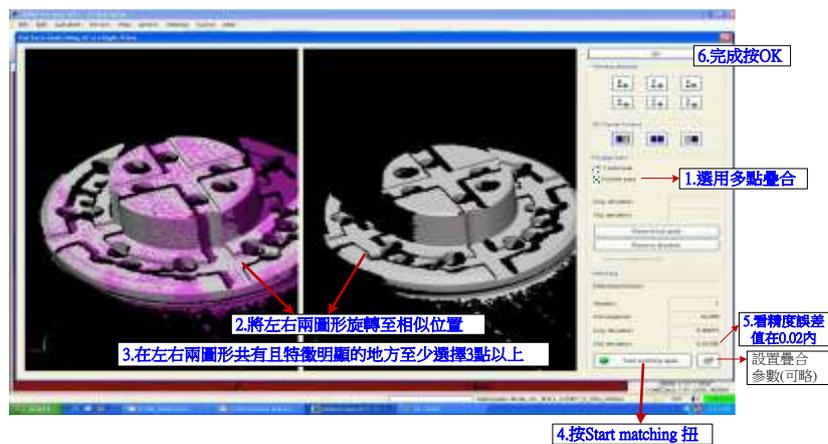


圖 5. COMET plus 逆向掃描軟體介面



(a) 模型樣品



(b) 掃描後的 STL 檔

圖 6. 模型樣品及掃描後的 STL 檔

(3) **進階繪圖實作** (還原、修改 CAD 實體圖)

實務上在加工製造時都必須要先有 CAD 圖，而逆向工程技術於實務上是「只有原樣品模型，沒有樣品 CAD 圖」；一般逆向掃描介面軟體，當樣品掃描完成後所儲存的檔案，大都是 STL 三角網格檔，但是 STL 檔案要修改、編輯較不方便，因此只能利用掃描完成的 STL 檔外型輪廓，利用進階繪圖應用技巧，依 STL 檔外型還原出「原樣品 CAD 實體圖」。

「還原樣品 CAD 實體圖」，主要的目的是為了下一個步驟「修改 CAD 實體圖」。因為逆向工程技術，又被稱為「數位複製」，因此若在樣品掃描完成就直接列印輸出，這樣所列印出來的成品與原樣品相似度幾乎達 100%，於產業上將有「侵權」的疑慮。因此，如何「還原樣品 CAD 實體圖」與「修改 CAD 實體圖」可以說是「逆向工程的關鍵技術」，也是本計畫實施最重要的目標之一。圖 7 為學生練習還原 CAD 圖與修改 CAD 實體圖實作。



圖 7. 進階繪圖實作練習 (還原、修改 CAD 實體圖)

(4) 3D 列印作品教學：為了讓學習更有溫度與觸感，鼓勵同學將「原樣品」與「修改後的 CAD 圖作品」列印輸出，互相比較，讓學習更有成就感，圖 8 為 3D 列印實作教學，而本計畫專題導向 PBL 教學實施，整體的流程圖，如圖 9 所示。。

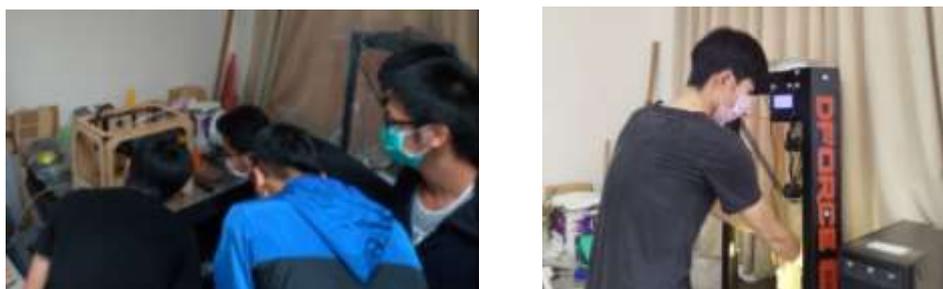


圖 8. 3D 列印實作教學

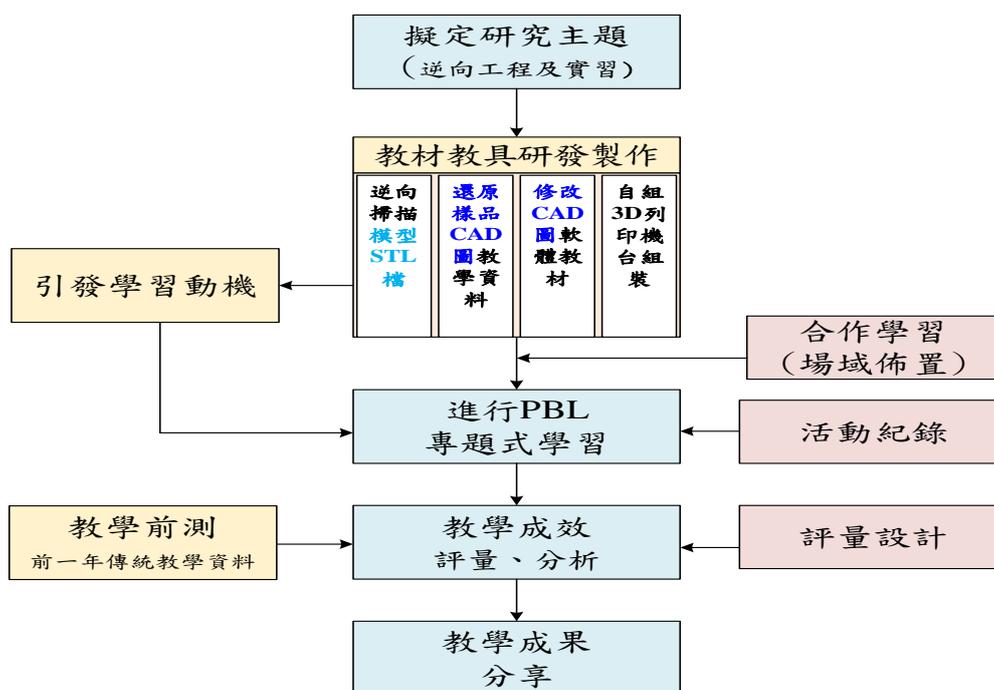


圖 9. PBL 教學實施流程圖

五、教學暨研究成果 (Teaching and Research Outcomes)

本研究計畫以大學部「逆向工程技術」課程為研究主題，課程內容涵蓋「電腦繪圖、逆向工程、進階繪圖應用、3D 列印」，是一門整合型的應用課程。期盼能透過教材教具的輔助與課程的設計來翻轉教學，過程中以「做中學」與 PBL 的教學模式，以提升學生的學習動機、主動學習，由實作中建立知識與技能，經由合作學習，培養學生溝通表達、解決問題的能力，並了解對大學部「逆向工程及實習」課程學習成效之影響。

(一) 自行組裝 3D 列印機台

在班上挑選上課認真、學習狀況較好的同學，利用課餘時間協助組裝 3D 列印機台，這些同學在進行 PBL 教學時，也可做為分組合作學習的種子教師。圖 10 為自組 3D 列印機台完成的照片，因機台是自己組裝，學生不用擔故障與維修的問題。

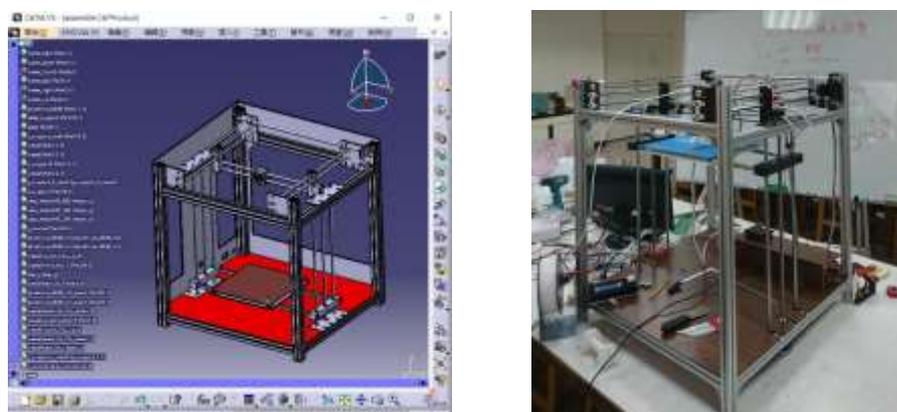


圖 10. 自組 3D 列印機台

(二) PBL 教學實作成果 1：大瓶子-銀寶善存罐子

PBL 分組合作學習之照片如圖 4-8 所示。因為課程是屬於小組實作課程，因此每位同學都有事做，課堂中同學就比較不會「趴在桌上睡覺」。且每組安排有種子教師當小老師，在同儕教學下合作學習。學習範例由淺而深，圖 11 是「大瓶子」練習，依序由「工件樣品 → 掃描 STL 檔 → 還原成 CAD 圖 → 修改後 CAD 圖 → 修改後 3D 列印工件圖」。



圖 11. 實作成果 1 (大瓶子-銀寶善存罐子)

(三) PBL 教學實作成果 2：小瓶子-台糖南瓜子油罐子

圖 12 是「小瓶子」練習，依序由「工件樣品 → 掃描 STL 檔 → 還原成 CAD 圖 → 修改後 CAD 圖 → 修改後 3D 列印工件圖」。



圖 12. 實作成果 2 (小瓶子-台糖南瓜子油罐子)

(四) PBL 教學實作成果 3：不規則瓶子-科學中藥罐子

圖 13 是「不規則瓶子」練習，依序由「工件樣品 → 掃描 STL 檔 → 還原成 CAD 圖 → 修改後 CAD 圖 → 修改後 3D 列印工件圖」。

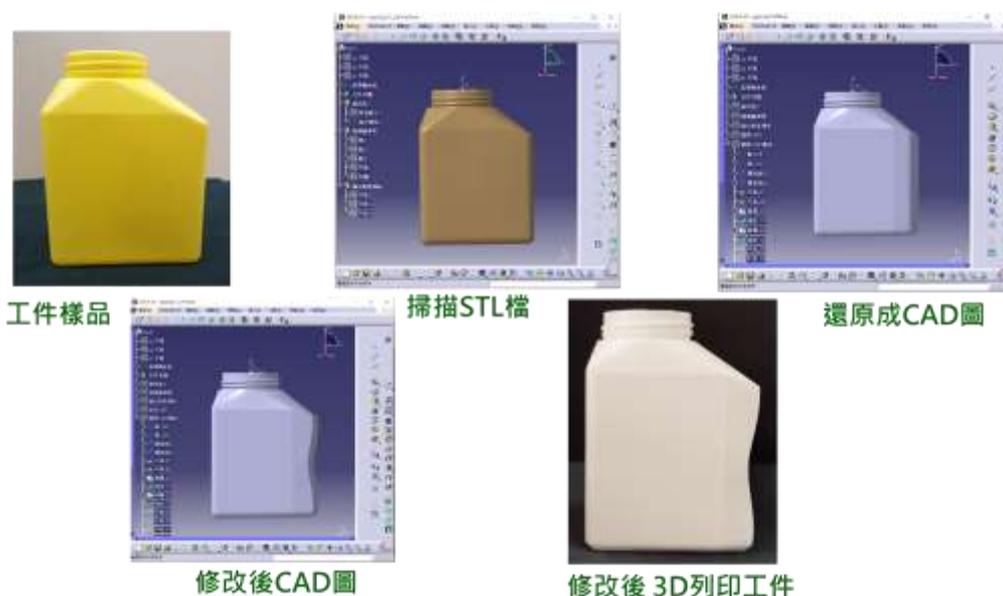


圖 13. 實作成果 3 (不規則瓶子-科學中藥罐子)

(五) PBL 教學實作成果 4：面具

圖 14 是「面具」練習，依序由「工件樣品 → 掃描 STL 檔 → 還原成 CAD 圖 → 修改後 CAD 圖 → 修改後 3D 列印工件圖」。



圖 14. 實作成果 4 (面具)

(六) 校外參訪

原預定參訪逆向工程大廠馬路科技公司，但因疫情不克參訪，改參訪「佰龍機械股份有限公司」，佰龍是以針織機械製造為主，也提供服飾、家飾、醫療保健與環保材質等各領域的解決方案，讓學生了解新產品的研發、開發流程及模具逆向製造等。



圖 15. 校外參訪

(七) 研究成果

1. 課程學習成效評量

為了驗證 PBL 教學成效，設計有「學習成效評量表」與「學習滿意度評量表」如附件 1。圖 16 所示為依學生「學習成效評量表」所作的統計分析，依最高分的第 2,3 題可證明「課程設計」，有助於提升學生學習興趣與學習成效。圖 17 為依學生「學習滿意度評量表」所作的統計分析，依最高分的第 5,9 題可證明「合作學習」及「課程總評」，有助於提升學生學習興趣與學習成效。由圖 16、17 可知，每一問卷學生的滿意度都達 90%，可見本研究的教學方法，普遍獲得學生的認可。

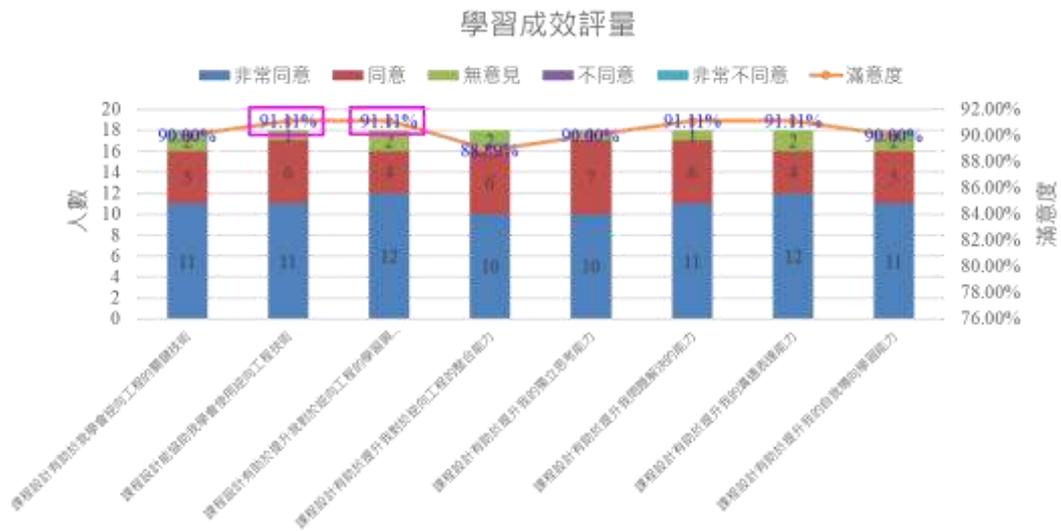


圖 16. 學習成效評量表統計分析

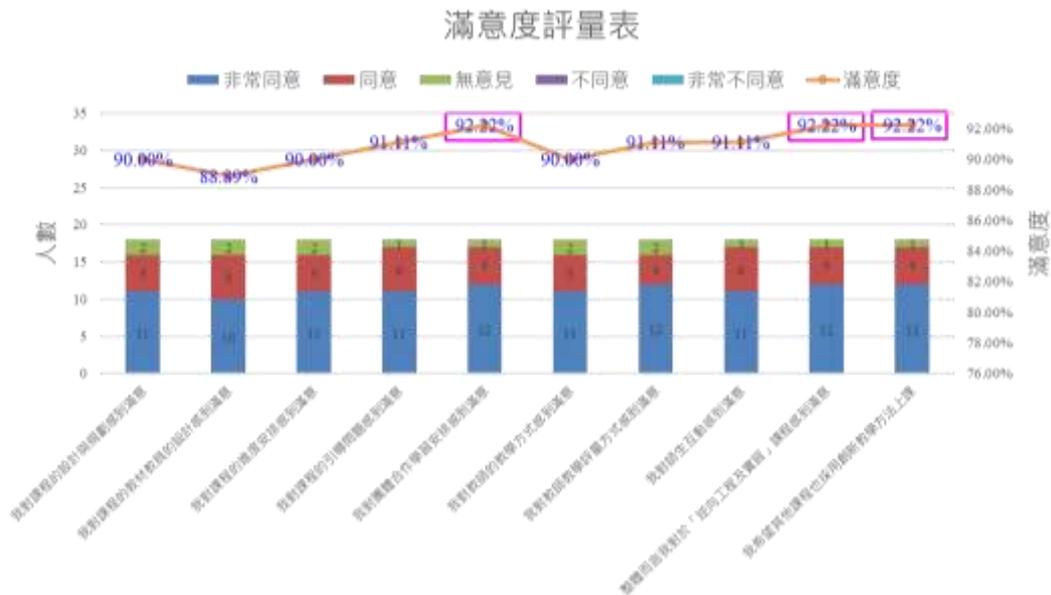


圖 17. 學習滿意度評量表統計分析

2. 各項實作人數百分比比較

圖 18 為依表 2 於「逆向工程及實習」課程實施，教學前、後「實作項目」的分析比較，前測是計畫實施前一學年學生比較(有 30 人修課)；後測為本計畫課程(有 18 人修課)，而實作的內容包含 逆向工程技術實作最重要的四項「逆向工程掃描、還原成樣品 CAD 圖、修改 CAD 圖、輸出作品」。因今年度機械四甲班級有多位學生參加一學年校外實習，因此修課人數相差很多，改以「學生人數百分比」來做比較。圖 19 為各項實作時數分析，由圖 18 與圖 19 中可以得到以下結論：

- (1) 前測：前一學年學生因為沒有種子教師的參與，都沒有進行「還原成 CAD 圖、修改 CAD 圖」的教學。
- (2) 前測：前一學年學生，可能只做掃描及列印，因為課程單調，仍然有 13% 的學生沒有將作品輸出完成。
- (3) 後測：本計畫雖然有種子教師的參與，但仍然有 22% 的學生無法完成「還原成 CAD 圖、修改 CAD 圖」的學習項目，主要是因學習意願與電腦繪圖基礎太弱。
- (4) 後測：本計畫因小組合作學習的關係，無法完成進階繪圖的學生，仍然全部都有完成作品輸出。
- (5) 由圖 18 知，本計畫實施學生在「逆向掃描實作時數平均增加 1.47 小時，增加 29.2%」；「作品輸出實作時數平均增加 1.08 小時，增加 19.9%」；在還原 CAD 圖與修改 CAD 圖的部分平均新增了 7.36 小時，增加 100%。



圖 18.教學前後測實作項目人數百分比

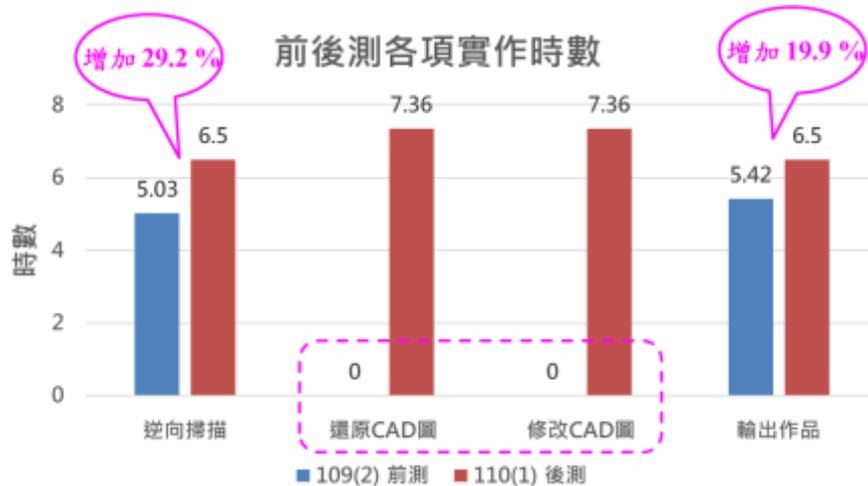


圖 19.教學前後測實作時數分析

3. 逆向掃描實作人數百分比比較

圖 20 為依表 2 於「逆向工程及實習」課程實施，教學前、後「逆向掃描實作時數」的分析比較，因修課人數相差很多，改以「學生人數百分比」來做比較，圖 21 為逆向掃描項目前後測實作時數比較。由圖 20 與圖 21 中可以得到以下結論：

- (1)本計畫實施，提高學生實作意願，也願意花更多時間練習。
- (2)本計畫實施，全班平均實作時數比以前增加約 1.5 小時。



圖 20. 逆向掃描實作時數與人數百分比

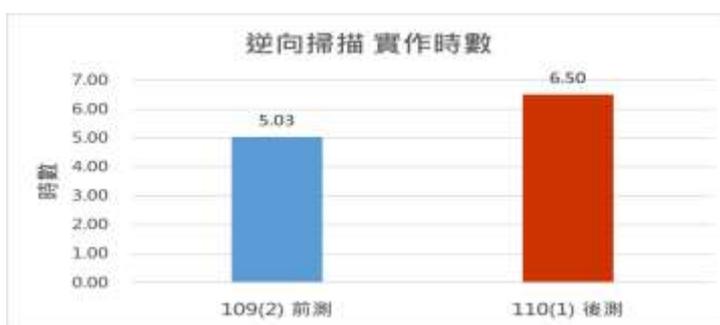


圖 21. 逆向掃描前後測實作時數比較

4. 輸出作品實作人數百分比比較

圖 22 為依表 2 於「逆向工程及實習」課程實施，教學前、後「輸出作品實作時數」的分析比較，因修課人數相差很多，改以「學生人數百分比」來做比較，圖 23 為輸出作品項目前後測實作時數比較。由圖 22 與圖 23 中可以得到以下結論：

- (1)本計畫實施，提高學生實作意願，也願意花更多時間練習。
- (2)本計畫實施，全班平均實作時數比以前增加約 1.1 小時。



圖 22. 輸出作品實作時數與人數百分比

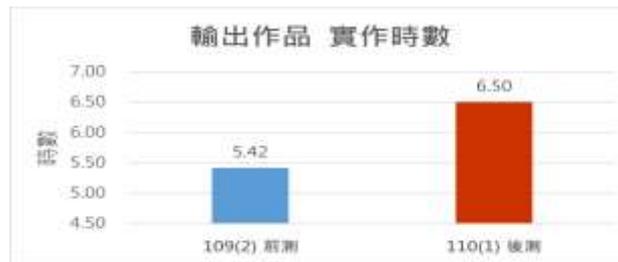


圖 23. 輸出作品前後測實作時數比較

5. 各項完成實作人數及時數

圖 24 為本計畫實施「各項完成實作人數及時數」比較圖，由圖 24 中可以看到雖然大部分同學因課程安排提高了學習意願，但仍然有 4 位實作時數較少的同學，因電腦繪圖基礎太弱，無法完成「還原 CAD 圖 及 修改 CAD 圖」等進階繪圖練習。

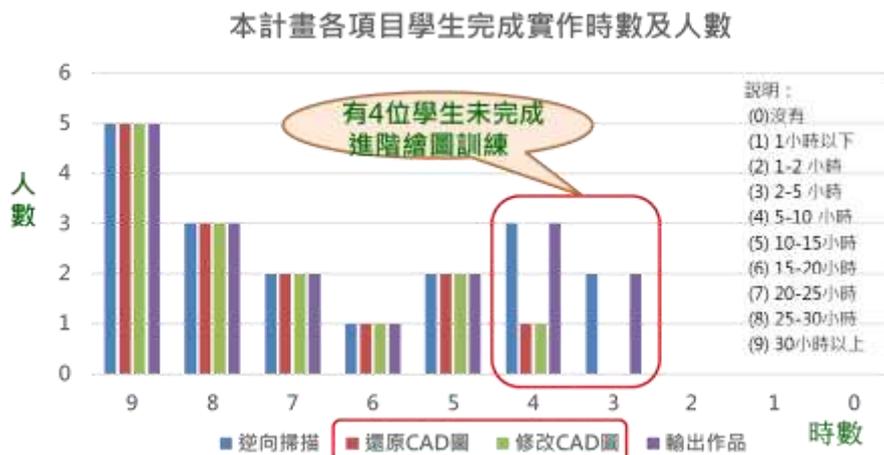


圖 24. 各項完成實作人數及時數比較

6. 教學動態評量

圖 25 為本計畫實施「教學動態評量」分析，由圖 25 中可以看到仍然有 4 位實作時數較少的同學，因電腦繪圖基礎太弱，無法完成「還原 CAD 圖 及 修改 CAD 圖」等進階繪圖練習。

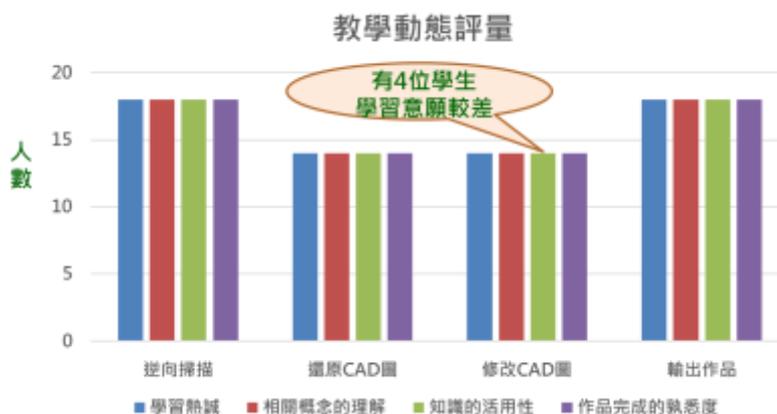


圖 25. 教學動態評量分析

六、建議與省思 (Recommendations and Reflections)

- (1)對於很多大專院校的老師而言，如何引起學生的學習興趣比本身專業知識還重要。課堂上若採用一成不變的教學方式，學生容易因習慣而失去專注力。
- (2)發揮技職學生實作的強項，以「專題導向學習方法」，分組合作學習，由「做中學」獲得的成就感，可以讓學生對自己更有自信。
- (3)從學生的學習反應、課餘實作及學習評量表綜合分析，PBL 能有效提升學生學習興趣。
- (4)本計畫從「學習成效分析」中得知，對技職學生，教師可以善加利用「合作學習、同儕教學」，效果非常良好。
- (5)在「學習成效分析」中，「合作學習、同儕教學」學生明顯提升了「實作」的意願，無形中也「加深、加廣」學習內容。

參考文獻 (References)

- (1) Barrows, H. S. 1996. "Problem-based Learning in Medicine and Beyond: A Brief Overview." *New Directions for Teaching and Learning*, 68. pp. 3-11.
- (2) Esche, S. K. 2002 "Project-Based Learning (PBL) in a Course on Mechanisms and Machine Dynamics." *World Transactions on Engineering and Technology Education*, Vol.1, No.2, pp. 201-204.
- (3) Hadim, H. A, Eshe, S. K. 2002. "Enhancing the Engineering Curriculum through Project-based Learning." 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Boston.
- (4) 計惠卿、張杏妃，2001，全方位的學習策略－問題導向學習的教學設計模式，*教學科技與媒體*，55，pp. 58-71。
- (5) 沈揚庭、戴沛吟，2016，以 CDIO 精神發展創客育成模式之課程設計與評估，*高等教育研究紀要*，pp. 81-100。
- (6) 賴阿福，2004，資訊科技融入創新教學之教學策略與模式國教新知，*國教新知*，61(4)，pp. 28-45。
- (7) 林俊明，2016，傳統講演法與合作學習法教學對國教七年級學生數學學習動機與成效影響之研究－以雲林縣某國中為例，*中興大學*。
- (8) 黃敦煌、梁正鍊，2017，分組合作學習於高級中等學校數學補救教學課程上之成效：以「數列與級數」單元為例，*臺灣教育評論月刊*，6 卷 12 期，pp. 156-179。
- (9) Kivunja, C. 2015. Teaching Students to Learn and to Work Well with 21th Century Skills: Unpacking the Carrier and Life Skills Domain of New Learning Paradigm. *International Journal of Higher Education*, 4(1), 11.

附件 (Appendix)

1. 課程學習成效與滿意度評量表

逆向工程及實習 課程學習成效與滿意度 評量 (在方格內打勾✓)

	題號	題目	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
學習成效評量	1	課程設計有助於我「學會逆向工程的關鍵技術」					
	2	課程設計能協助我「學會使用逆向工程技術」					
	3	課程設計有助於提升我對於「逆向工程的學習興趣與動機」					
	4	課程設計有助於提升我對於「逆向工程的整合能力」					
	5	課程設計有助於提升我的「獨立思考能力」					
	6	課程設計有助於提升我「問題解決的能力」					
	7	課程有助於提升我的「溝通表達能力」					
	8	課程有助於提升我的「自我導向學習能力」					
滿意度評量	1	我對「課程的設計與規劃」感到滿意					
	2	我對「課程的教材教具」的設計感到滿意					
	3	我對課程的「進度安排」感到滿意					
	4	我對課程的「引導問題」感到滿意					
	5	我對團體「合作學習」安排感到滿意					
	6	我對教師的「教學方式」感到滿意					
	7	我對教師「教學評量方式」感到滿意					
	8	我對「師生互動感」到滿意					
	9	整體而言我對於「逆向工程及實習」課程感到滿意					
	10	我希望其他課程也採用創新教學方法上課					

其他建議： _____

2. 前後測學習成效評量表

表 1. 逆向工程及實習 課程實作評量表 (完成項目直接打✓，時數直接填入概算值)				
評量項目	逆向工程 掃描	還原成樣品 CAD 實體圖	修改 CAD 實體圖	輸出作品
實作完成項目				
完成時數				

說明：(0)沒有； (1) 1 小時以下； (2) 1-2 小時； (3) 2-5 小時； (4) 5-10 小時；
(5) 10-15 小時； (6) 15-20 小時； (7) 20-25 小時； (8) 25-30 小時； (9) 30 小時以上

3. 課程實作學習 動態評量表

表 2. 學習成效動態評量表 (教師)				
	學習熱誠	相關概念的理解	知識的活用性	作品完成的熟悉度
逆向工程掃描				
還原成樣品 CAD 實體圖				
修改 CAD 實體圖				
輸出作品				

說明：(0)沒有； (1) 1 小時以下； (2) 1-2 小時； (3) 2-5 小時； (4) 5-10 小時；
(5) 10-15 小時； (6) 15-20 小時； (7) 20-25 小時； (8) 25-30 小時； (9) 30 小時以上