

一個提升學生學習程式動機之研究 - 以 CPE 程式案例為基礎之 PBL 教學實踐研究計畫

一. 本文 Content

1. 研究動機與目的 Research Motive and Purpose

近年來，隨著智慧型手機、平板及穿戴型等行動裝置的日益普及，人們日常生活廣泛的使用各種軟體及手機 APP 應用(如 Line、Youtube、Google、Facebook、PTT、Dcard)。根據科技部傳播調查資料庫統計顯示[1]，目前台灣有 88.2%的民眾平常會使用手機，在 18 到 39 歲民眾每日使用手機時間高達 5 小時以上，這段年齡的人口族群是大學主要的學生來源；可以這樣的說，現今大學生手機已變成生活不可或缺的一部份。另一方面，近年來人工智慧[2]、機器人[3]、無人機[4]、自動駕駛[5]、物聯網[6]等相關科技新聞大量佔據相關新聞版面，使得現今大學生自然而然的從日常生活中大量吸收相關資訊科技技術。不論手機上的相關應用程式或其它科技技術發展都與軟體程式設計息息相關，科技技術會不斷的隨時間而改進，但改進的過程需要人們透過相關軟體程式自動化的過程去精簡相關的流程，因此培養大學生具有程式設計運算思維(Computational Thinking)的能力對現今大學教育而言是相當重要的工作之一。大學生程式語言能力的培養，在現今物聯網時代的重要性就像學習外語一樣重要。以往，學習外語的目的是為了和國際接軌以及能夠與外籍人士溝通；而在未來，學習程式語言的目的除了對一般人士能夠瞭解物聯網溝通原理以外，同時對於相關資訊專業人士能夠設計或改進相關物聯網技術。

為了提升國家整體競爭力，世界主要先進國家從小就開始以程式設計運算思維等相關教育課程去訓練學生的邏輯運算思維[7]，並培養學生邏輯思考、解決問題的能力，做好數位經濟時代的準備，以因應未來大量的軟體需求。國內各大學為了培養大學生的就業競爭能力，不單單是傳統的理工科系，其它如人文社會學系也紛紛增開相關程式設計課程[8]。大部份學生修習相關程式語言(如 C 語言或 Python 語言)課程的動機除了該課程是否為必修外，其它最主要的學習動機是該程式語言是否為熱門程式語言[9]。然而，根據國外相關學者的統計結果，一般學生在初次學習某一特定程式語言，至少有 75%的程式語言語法或內容學生是不清楚的[10]。也由於程式語言語法大部份學生是不熟悉，因此現今程式語言相關課程主要都是教授學生相關語法及語法的例子[11]。一個良好的程式語言學習環境應如同母語語言學習環境一般，不單單只是瞭解語言語法為目的，其重點在於如何透過組合不同語言語法去形成有意義的語言表達[12]。亦即，一個良好的程式設計運算思維在於思考如何培養學生能夠具有運用不同程式語法去解決真實事件的問題；也就是說，提升學生學習程式的動機在於我們應著重於培養學生解決真實的程式案例教學，而非著重於程式語法教學。

近年來，案例教學法(亦稱個案教學法，Case method)常應用於商管、醫學院等相關課程。案例教學主要透過學生經由個案的分析、討論、批判、結論等過程，以強化學生解決真實案例之能力[13, 14]。案例教學的主要作用在於它極好地發展學生不同的思想，並加深學生對涉及真實案例問題的各種因素的理解，同時培養學生的分析、思考和決策等技能。案例教學能夠讓學生經個案的情境來學習瞭解相關課程之理念、理論與架構，以培養學生創新能力和處理問題的能力，是解決真實世界問題並能有效提升學生學習動機的良好教學方式[15, 16]。

問題導向學習(Problem Based Learning: PBL)教學法是一種由問題來領導學生學習的方式。也就是說，在學生進行學習活動之前，先拋給學生們一個問題，學生必須在完成相關知識的學習之後，才可能具備解決這個問題的能力。因此，學生便能藉由這種解決問題的過程進而獲得相對應的學科知識及技能[17]。案例教學經常與 PBL 教學法結合應用，其主要讓學生以真實世界案例為解決問題之領域範疇，經由團隊合作蒐集相關資料，再透過彼此間討論、協

商以解決相關案例問題，透過多人討論的過程，尋求問題多面向及可行之解決方案。

本研究實踐於本系「網站主從架構資訊系統」(大二下學期開設，每年約 50 人選修)課程之上。此門課之先修課程為「資料結構」(大二上學期開設，每年約 50 人選修)，其主要原因在於先修課程「資料結構」除了解釋相關資料儲存結構外，還會讓學生清楚明瞭演算法概念，並培養學生能夠運用不同資料結構去設計演算法之基礎能力。本計畫針對「網站主從架構資訊系統」課程，著重於培養學生以已具備的資料結構及演算法能力，經由團隊討論的過程去解決大學程式能力檢定(Collegiate Programming Examination: CPE)的實際案例問題。申請人往年所教授之「網站主從架構資訊系統」大部份著重於程式語法教學，由於 Covid-19 疫情之故，申請人 2020 年使用 Google Meet 進行線上教學並將相關教學內容進行錄影。此次申請的教學方法主要以翻轉課堂(Flipped Classroom)的方式進行，針對課前的演算法複習及語法學習的部份，我們會將往年之「資料結構」及「網站主從架構資訊系統」教學影片整理並上傳以便學生進行課前學習。針對課程進行的階段主要以 CPE 的真實案例及相關網站系統案例為主要解決問題範疇，教師於每一節課指定學生團隊以不同 CPE 等真實案例為問題進行解決，學生團隊經由演算法分析進而實際撰寫程式(或稱編碼，Coding)及除錯(Debugging)的過程，進而提升學習程式的動機。表一呈現本研究與傳統教學方法之教學實踐研究目的之比較。本研究與傳統教學都希望學生能夠於課程之中學習到相關資料結構及演算法、以及網路程式語法。差別在於傳統教學是於課程之中由教師親自傳授，而本研究則是透過翻轉課堂之教學影片讓學生自行學習，這兩部份的教學目的是由教師轉移到學生。本研究於課程之中主要透過學生團隊內之分析及討論的過程，以解決相關 CPE 案例及網站系統案例為目的。學生經由課前學習之資料結構、演算法、程式語法等知識，於課中經由團隊內腦力激盪等過程，並經由一連串的除錯過程，解決相關程式案例問題，以達提升學習程式的動機。

表一：本研究之研究目的

教學方法	傳統	本研究
目標		
資料結構及演算法清楚？	✓	✓(翻轉課堂之影片)
程式語法清楚？	✓	✓(翻轉課堂之影片)
解決相關 CPE 案例及網站系統案例？	×	✓
提升團隊合作能力	×	✓

2. 文獻探討 Literature Review

本節之中，我們主要討論與本研究相關之文獻，其中包括：問題導向學習(PBL)、案例教學(Case method)、大學程式能力檢定(CPE)，茲分述如下。

2.1.問題導向學習(PBL)相關研究

1960 年代，Barrows 和 Tamblyn 首先於相關醫學課程之中提出了 PBL 教學概念[18]。PBL 是一種以學生為中心的教學法，學生可以通過解決觸發材料中所發現的開放式問題的經驗來學習課程主題。PBL 的學習過程不強調解決問題與定義的解決方案，但是它允許其它所需的技能和屬性的發展。這包括知識獲取、增強的團隊合作與溝通。PBL 教學方法剛開始是應用於醫學教育，隨著教育環境的發展，其教學概念也廣泛的應用於其它類型教育。PBL 允許學習者發展用於未來實踐的技能，它增強了課程中相關批判性評估以及文獻檢索的能力，並鼓

勵在團隊環境中進行持續學習。PBL 教學通常包含團隊合作的歷程，每個學生在團隊之中扮演的角色可能是正式的也有可能是非正式的，而且角色通常會於討論的過程中交替出現，它著重於學生對自己的學習進行反思和推理的能力。教師於 PBL 教學的目標是在輔助學生於解決問題時建立自身的信心，同時擴大自身的理解力。

按照相關文獻的討論[19-21]，PBL 教學的實施主要包含下列四個步驟(如表二所示)：(1)發現問題並確認解決路徑：PBL 教學首先必須發現相關的教學問題，並確認相關問題可能存在的解決路徑；(2)擬定實施計畫：針對每一解決路徑，PBL 必須確認相關實施計畫是否確實可行，並評估相關可行性計畫；(3)執行計畫：實際執行最高可行性計畫；(4)回顧檢討並修正計畫：確認計畫是否如期完成，若未達目標則修正相關計畫內容。

根據相關文獻，PBL 教學具有下列幾項優點(如表二所示)：(1)以學生為中心的學習：在 PBL 學習之中，學生喜歡此種類型的教學方法並且積極參與討論[22]；(2)鼓勵終身學習：PBL 學習幫助學生在學習過程中確定自己的學習目標，找到合適的學習資源並承擔所需知識的責任，以強化終身學習[23]，同時它也盡力的幫助學生更好地長期保留所學知識[24]；(3)強調問題的理解：PBL 著重於讓學生尋找現實生活中的情況和相關情境問題的解決方案，基於此精神其著重於合作討論而非課堂講授[25]；(4)深入學習並且增強自我學習：PBL 經由學生參與學習材料的互動來促進學習，學生們將學習的概念與日常活動進行聯繫[26]，同時增進自身的知識和理解，經由培養興趣後，學生會主動去尋找課程的相關材料[27]；(5)更好的理解和熟練：經由給予學習材料更加明顯的意義、可用性及相關性之觀念，學生可以更好地理解學習的主題，經由重複性的操作學習材料，他們可以更佳熟練課程內容[28]；(6)增強人際交往及團隊合作能力：與傳統教學比較，PBL 需要大量的團隊合作和合作學習能力，團隊經由合作解決相關問題，從而促進學生間互動，團隊合作並增強人際交往能力[29]；(7)良好的師生關係：由於學生具有自我學習以及良好的團隊合作能力等優點，因此與傳統教學方法相比，教師往往較偏好 PBL 教學方法，同時也有利於培養學生學習的自信心[30]。

表二：PBL 教學的實施步驟及優缺點整理

實施步驟	
(1) 發現問題並確認解決路徑	
(2) 擬定實施計畫	
(3) 執行計畫	
(4) 回顧檢討並修正計畫	
優點	缺點
(1) 以學生為中心的學習	(1) 花費較多準備時間
(2) 鼓勵終身學習	(2) 開始學習學生較易混淆
(3) 強調問題的理解	(3) 對教師而言是新挑戰
(4) 深入學習並且增強自我學習	(4) 學習評估變複雜
(5) 更好的理解和熟練	
(6) 增強人際交往及團隊合作能力	
(7) 良好的師生關係	

相反地，PBL 教學具有下列幾項缺點(如表二所示)：(1)花費較多準備時間：PBL 主要以培養學生解決現實生活中問題的能力，因此學生通常比較喜歡基於 PBL 教學的學習課程，然而與傳統教學方法相比，PBL 的授課教師必須經常投入更多時間去評估學生的學習情況並準備課程材料[31]；(2)開始學習學生較易混淆：PBL 主要是以學生學習而非教師教學為主要假設，然而大多數學生在傳統學習上一直以教師為主要知識傳播者，由於此種從小到大的學習方法，容易造成學生於剛開始接觸 PBL 教學後造成相關學習混淆[32]；(3)對教師而言是新挑戰：為

了實施 PBL 教學，教師必須改變其傳統的教學方法，其任務除了傳授學生相關知識外，也需要在適當時間提示學生相關的錯誤，並且指導學生進行整合研究，這些工作對某些已習慣傳統教學方法的教師而言可能是陌生的[33]；(4)學習評估變複雜：與傳統教學方法相比，教師於 PBL 教學上必須採用新的評估方法去評估學生的學習成效，教師必須將筆試與修改的問題題目、實作考試、同儕與自我評估等面向結合起來，這樣的評估方法比傳統筆試複雜許多[17]。

2.2. 案例教學(Case method)相關研究

1870 年代，Langdell 首先於哈佛大學法學院相關課程，以案例教學法進行教學[34]。案例教學要求學生閱讀與分析案例的事實及面臨問題，然後置身於這些案例之中去思考自己的解決策略和行動方案，並在教師的質問下從複雜的案例內容中分析出案例的事實及隱含的潛在意義[35]。案例教學的目的主要使學生能夠快速理解一個複雜的問題，迅速找到一個合理的解決方案，並以簡潔有效的方式將該解決方案傳達給其他人。在整個過程之中，案例教學還可以完成許多其它事情，其中每一項事情都是具有價值的。通過激發學生的興趣，案例教學激發了學生對專業事務的興趣。通過將此類事務置於生動的環境中，案例教學有助於學習事實、術語、約定、技巧和程序[36]。通過提供討論論壇和具體討論主題，案例教學可以激勵專業對話。通過在決策領域提供具有挑戰性的實踐，案例教學完善了專業判斷。經由提出問題，案例教學能夠使學生反思自己專業的特殊需求[37]。

實施案例教學包含下列三個步驟[38](如表三所示)：(1)提出良好的問題：這類問題能夠讓學生感覺置於真實情境之中，主要屬於開放式且具爭議的問題，此類問題複雜程度需符合一定等級且有解決的可能性；(2)發展問題解決模式：問題解決模式事件的開始、探索及調查；(3)解決問題：學生思考出最有可能且最適合的解決模式。

表三：案例教學的實施步驟及優缺點整理

實施步驟	
(1) 提出良好的問題 (2) 發展問題解決模式 (3) 解決問題	
優點	缺點
(1) 理論及實務結合 (2) 增強學習動機 (3) 建立反思能力 (4) 培養解決問題能力 (5) 增進表達能力 (6) 增進師生關係	(1) 案例與實例存在差異 (2) 成效較難評估 (3) 案例較難取得 (4) 較難控制課程流程 (5) 學生人數影響實施成效 (6) 必需妥善安排討論環境

案例教學具有下列幾項優點[39](如表三所示)：(1)理論及實務結合：案例教學提供良好理論與原則的解釋與說明使理論結合實務；(2)增強學習動機：案例教學能夠增加學生對實際情境的感受，引起學習動機和興趣；(3)建立反思能力：案例教學可以幫助學生養成批判反省的思考和習慣，有利於學習者主動建構知識；(4)培養解決問題能力：案例教學能夠培養接納不同意見和觀點的態度，培養問題解決及做決定的能力；(5)增進表達能力：案例教學鼓勵學生表達個人意見，進一步增進學習者語言表達能力；(6)增進師生關係：教師於案例教學的角色是建議者，透過學生討論過程中提供適合建議，這樣將可增進師生關係和互動。

相反地，案例教學具有下列幾項缺點[39](如表三所示)：(1)案例與實例存在差異：案例與實際情境仍有差距不及實地親身經歷；(2)成效較難評估：實施案例教學的成效可能因學生背景和學科而異；(3)案例較難取得：案例撰寫困難及費時，而且取得不易；(4)較難控制課程流

程：針對學生偏離主題的討論無法達成既定教學目，針對過於踴躍的主題可能影響其它主題的討論；(5)學生人數影響實施成效：過多或過少的學生人數都可能影響案例討論的結果；(6)必需妥善安排討論環境：實施案例教學時，學生討論的座位安排或教學資源不理想容易影響學生間的互動。

2.3.大學程式能力檢定(CPE)相關研究

最早的國際性程式設計競賽是於 1970 年代由美國計算機協會(Association for Computing Machinery: ACM)所舉辦的國際大學生程式設計競賽(International Collegiate Programming Contest: ICPC)，其目的在於展現大學生創新能力、團隊精神和在壓力下撰寫程式、分析和解決問題能力。經過四十多年的發展後，ICPC 每年的參賽規模已經超過 110 個國家、3000 所大學、50000 名學生參與 ICPC 決賽[40]。實際上，若包含參加各國教育單位舉辦的國內初賽，事實上 ICPC 每一屆都是從全球超過 30 萬個競賽學生中，挑選出最頂尖的學生，因此其已成為全球電腦界中歷史最悠久且最具影響力的程式競賽。經由各國區域賽以至世界總決賽，所有的比賽題目全部收錄於 UVa 線上網站之上，目前該網站已蒐集超過 4500 題題庫[41](題型主要分為難、中、易範圍，極適合大二「資料結構」課程以上的程度)，其已成為各國學生提升程式能力的練習網站。

為了培養並提升國內大學生學習程式能力，國內各大學資訊相關科系教授於 2009 成立「台灣國際計算機器程式競賽暨檢定學會」(ACM-ICPC Taiwan Council)，於該學會下設置有一個「大學程式能力檢定委員會」(Collegiate Programming Examination Committee, 簡稱 CPE Committee)，主要負責推動辦理 CPE 程式檢定考試。CPE 檢定的考題主要來自於 UVa 網站上的題庫，由考生透過線上直接編寫程式並除錯。成績的評分是以數組樣本資料輸入至考生所撰寫的程式之中，經由程式執行後產生的結果與正確答案進行比對，最後的成績是以答對的題目數進行呈現。考生依照回答正確的題目數，可以將 CPE 等級分為專家級、專業級、進階級、中級、初級、零級[42]。

CPE 檢定每年辦理四場，目前全台有超過 40 所大學參與協辦，目前每一場參加考試的學生人數已接近 3000 人[43]。CPE 的目標是做為全台灣「程式能力檢定」的標準，有如英文的多益或全民英檢。CPE 希望藉由考試檢定的手段，提升全台大學生的程式設計能力。目前全台至少有二十所大學採計 CPE 成績作為大學部或碩士班學生的畢業門檻；至少十所大學採計 CPE 成績作為碩士班入學的招生參考標準之一[44]。

CPE 檢定的優點包含下列幾項(如表四所示)：(1)採計畢業或入學門檻：目前全台至少二十所大學已採用 CPE 檢定當成畢業或入學門檻，隨著資訊化的要求，採計的學校勢必會持續增加[44]，由於本校大學部畢業門檻已採計 CPE 成績，因此本計畫採用 CPE 程式案例可以提升學生學習動機；(2)提升學生程式設計能力：傳統程式設計課程往往只是要求學生照課本範例編打程式，這樣往往無法提升學生學習興趣，而 CPE 著重於要求學生動手解決實際程式問題[45]，在解決過程之中，學生往往需要自行思考如何透過組合不同語法來解決實際問題，本計畫針對解決問題所需的資料結構及演算法、程式語法等前置工作採用翻轉課堂的方式，由學生於課堂前自行透過預錄之教學影片自行預習，實際上課以 CPE 程式案例當成學生解決問題之目標，由學生自行設計相關程式並與老師及其它同學進行討論，因此本計畫採用 CPE 程式案例可以無形中提升學生解決問題能力及信心；(3)有效評估學習成效工具：CPE 由於採用實際解決問題形式來判斷正確與否，而非單一課程進度內容，所以可以有效的評估學生是否正確運用不同程式設計技巧的能力[46]，本計畫採用 CPE 程式案例當成評比成績工具可以有效評估學生是否具備解決程式設計問題之能力；(4)提升就業機會：目前業界多數的資訊相關工作於應聘時需要應徵者檢附 CPE 檢定成績[47]，因此本計畫採用 CPE 程式案例教學可以有效增加學生就業能力。

表四：CPE 檢定的優缺點討論

優點	本計畫達成
(1) 採計畢業或入學門檻 (2) 提升學生程式設計能力 (3) 有效評估學習成效工具 (4) 增加就業機會	(1) 提升學生學習動機 (2) 提升學生解決問題能力及信心 (3) 有效評估學生程式設計能力 (4) 有效增加學生就業能力
缺點	本計畫採用
(1) 案例程式較難選定 (2) 難以確保每個學生程度 (3) 題目及題意學生較難理解	(1) 選定適合的程式案例 (2) 以分組概念提升不同學生程度 (3) 由老師解釋相關題目及題意

然而，採用 CPE 程式案例進程式語言課程教學包含下列幾項缺點(如表四所示)：(1) 案例程式較難選定：目前 CPE 檢定以 UVa 所蒐集超過 4500 題題庫為主要來源，雖然有經過初步分類，然而不同難度的題目數量仍是超過數千題，另一方面由於 UVa 上的題庫屬於國際競賽題目，因此某些題目過於艱難，不適合用來檢測一般學生的程度[48]。由於本計畫執行中，學生於課堂解決 CPE 程式案例時間約為 48 小時(排除期中及期末考週，一學期以 16 週計，每週以 3 小時計)，每小時由學生完成一個 CPE 程式案例問題並與所有師生進行討論，因此總計會完成 48 個程式案例。因此本計畫於執行之初，將由申請人與助教進行討論後，選定適合學生學習的 48 個 CPE 程式案例。(2) 難以確保每個學生程度：CPE 檢定是以個別學生進行測驗，然而因個別學生程度的不同，以致我們無法保證每個學生都是有辦法解決相關程式問題[49]，無法解決的學生恐會失去學習的興趣。本計畫的主要目的是培養學生學習程式設計的興趣，我們的做法是先將修課人數以 3~5 人為一組，由每一組去負責解決每一個程式問題，以分組而非個人為單位主要是希望經由組內程度較佳的學生(或老師及助教)去引導程度較差的學生解決相關程式問題的解決思路，進而提升解決問題的信心及提升學習的興趣。(3) 題目及題意學生較難理解：原始 CPE 程式案例是以英文命題，短則一頁，長則二至三頁，且題目範圍涵蓋面廣泛，因此常常造成學生解題時無法看清題目或誤解題意的情形發生[44]。本計畫執行時，會於每一節上課的前 10 分鐘時間去簡釋題目的意思以讓學生清楚瞭解程式問題，以利組內學生進行討論並解決程式問題。

3. 研究問題與研究方法 Research Question & Research Methodology

圖 1 是本研究之研究流程圖。本研究主要包含 9 個步驟：(1) 研究目標初擬、(2) 研究文獻分析及比較、(3) 翻轉課堂影片製作、(4) 選定適合的程式案例、(5) 建構程式案例評估模擬平台、(6) 以分組形式解決程式案例之 PBL 教學方式、(7) 師生討論平台、(8) 課程回饋與修正、以及(9) 問卷調查與差異分析。步驟 1 主要的工作在於初步擬定本研究希望達成的研究目標。步驟 2 至 5 是本研究課前材料準備階段。在這個階段之中，我們首先蒐集並比較與本研究相關的教學實踐研究文獻(步驟 2)。接下來，我們整理並製作相關翻轉課堂影片(步驟 3)，以利學生課前預習。然後，我們會分析所有 CPE 等程式案例中的問題，並選出適合的程式案例(步驟 4)，以供學生課中翻轉課堂時進行實際操作。最後，我們會建立一個程式案例評估模擬平台(步驟 5)，以供學生可以上傳完成之程式，經由平台的自動評分並給出相關建議。步驟 6 至 8 是本研究課中實施翻轉課堂之教學實踐階段。在這個階段之中，我們首先採用以分組形式去解決 CPE 等程式案例之 PBL 教學方法(步驟 6)，藉由分組討論及腦力激盪的過程解決相關程式案例問題。當組內完成相關程式案例問題後，將相關程式上傳至雲端，經由評估模擬平台進行自動評分，並給出相關程式設計建議。另一方面，我們會建立相關師生即時討論平台(步

驟 7)，以利學生與老師可以隨時針對課程中的相關問題進行討論。最後，課程中或課程後學生所提的教學問題及建議，可提供老師包含課堂影片、程式案例、模擬平台等教學材料的更新，並且調整相關 PBL 教學方法(步驟 8)。最後，針對傳統採用課堂講授之程式語法教學方式(對照組)以及本研究採用 CPE 等程式案例之 PBL 教學方式(實驗組)設計期末教學問卷；我們將會分析兩種不同教學方法之教學問卷結果，並且討論相關的差異原因，以供未來教學改進之用(步驟 9)。本研究的 9 個研究步驟詳述如下。

3.1. 研究目標初擬(步驟 1)

本教學研究主要實踐於國立東華大學資訊管理學系(以下簡稱本系)大學部二年級下學期之「網站主從架構資訊系統」課程之上(此課程申請人已經開設十餘年)。依據歷年選課記錄顯示，此門課程選修學生大抵都是本系二年級學生，且人數大約為 50 人左右，本課程的先修課程是「資料結構」(二年級上學期開設，修課人數約 50 人左右)，亦即大部份學生修習了「資料結構」之後也會接著修習「網站主從架構資訊系統」。另外，依據「網站主從架構資訊系統」課程的歷年期末教學評量中的意見回饋，學生對於該課程之建議主要包含：實作程式講解多一點、多點程式問題而非程式語法教學、除了由老師教導實例外希望能夠由學生自己操作等(以上建議摘錄自 108-2 學期學生意見之回饋)。上述建議與國外研究[12]結論相似，亦即學生希望經由自身完成相關程式問題或系統所產生的自信心及自我認同，進而提升自身學習程式之動機。

本研究教學實驗的對照組主要是以課堂講授程式語法之傳統教學方法(如圖 1 中的左側)，實驗組則為採用分組教學並以 CPE 等程式案例為主之 PBL 教學方法(如圖 1 中的右側)。本研究主要是要驗證採用程式案例之 PBL 教學方法是否可以有效的提升學生學習程式動機。本研究預期完成的學習目標除了學生可以如同傳統教學方法般的瞭解相關資料結構及演算法以及相關程式語法(經由課前預習之翻轉課堂影片達成)；另外，本研究經由團隊分組討論的過程去解決相關程式案例，這樣的做法除了能夠提升學生解決程式案例的信心，同時也可增進學生團隊合作的能力。

3.2. 研究文獻分析及比較(步驟 2)

本研究主要採用分組形式解決 CPE 程式案例之 PBL 教學方式；亦即，我們除了如文獻探討般需要蒐集 PBL、案例教學以及 CPE 等相關理論研究，並且將所蒐集之文獻進行適當的分析與比較。另外，針對 PBL 及案例教學實務資料的蒐集，我們也將蒐集上述研究應用於國內外相關教學實務現場(如歷年通過之教育部教學實踐研究計畫內相關計畫、各校教學實務升等)等相關計畫或升等報告，針對不同報告應用於不同的教學場域分析其中的優缺點，以便隨時調整本研究中相關的教學策略。針對 CPE 實務資料的蒐集，我們也將蒐集每年的考題及每年報考學生成績分佈情形，以判定每年 CPE 題目的難易度。為了避免打擊學生學習的動機，我們會剔除特別難的問題(即絕大部份考生都錯誤或無法回答之問題)或則需要使用非常特殊資料結構或演算法才能回答之問題。最後，我們剔除問題或性質雷同之問題，以便形成翻轉課堂中使用之程式案例相關參考題庫。

3.3. 翻轉課堂影片製作(步驟 3)

本研究主要採用翻轉課堂的方式來進行相關課程的進度。由於 CPE 等程式案例主要著重在相關程式問題的解答，因此相關資料結構及演算法、程式語法等相關概念必須於翻轉課堂前，學生就必須瞭解並有辦法自行運用。

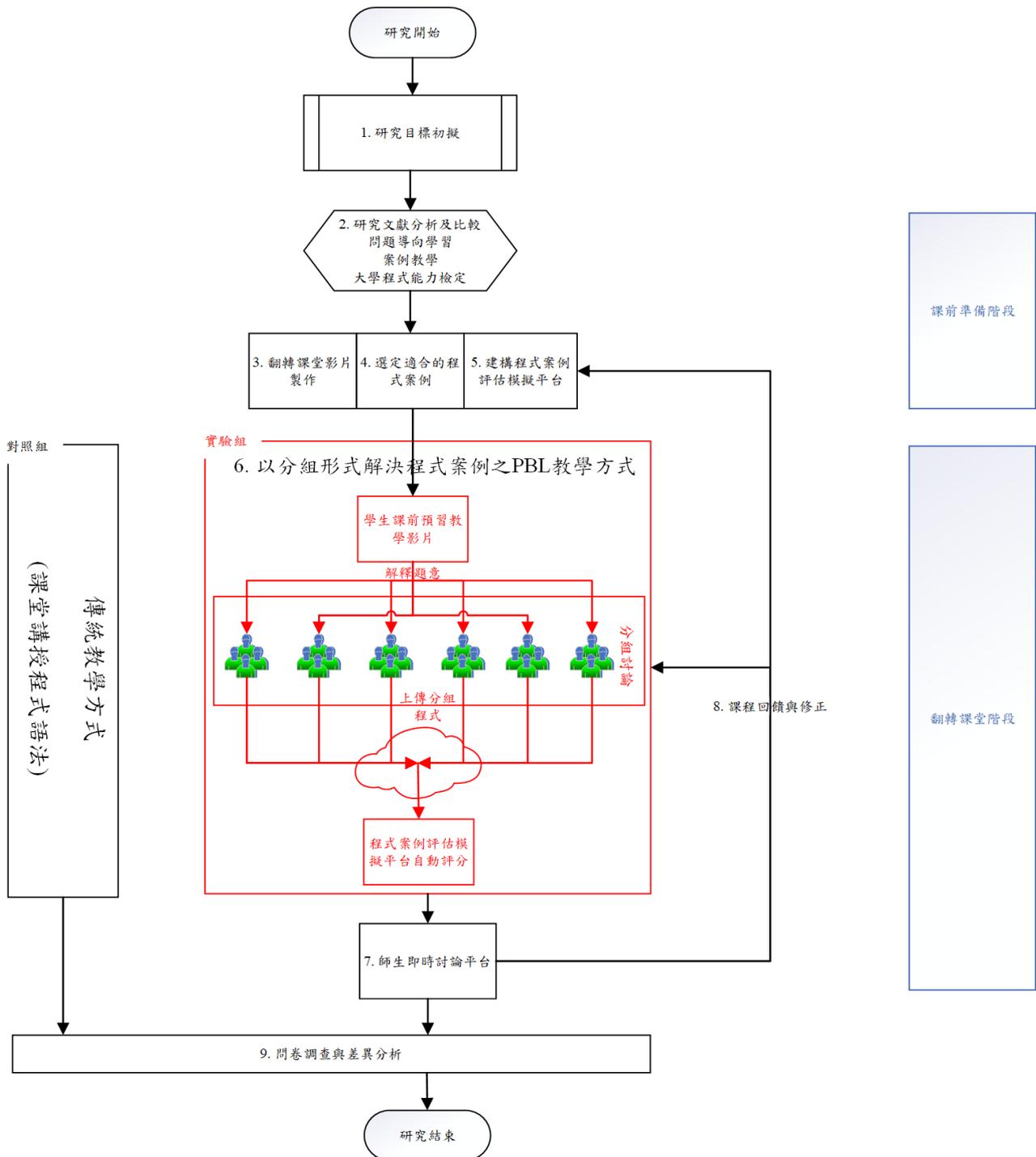


圖 1：本研究之研究流程

針對資料結構及演算法等相關概念，申請人於本系大學部二年級上學級教授「資料結構」課程，該課程主要教授學生相關資料結構概念(如陣列、堆疊、佇列、樹、圖等)，以及如何運用不同資料結構去解決不同問題所需之演算法設計。針對程式語法等相關概念，申請人於本系大學部二年級下學期教授「網站主從架構資訊系統」課程，該課程主要教授學生相關網站程式設計語言-PHP 之程式邏輯架構(如基本語法、變數及常數型別、運算表示式、控制結構、類別與物件、規則表示式、函數、網站設計等)，並以不同程式範例或由老師操作來講解不同的程式邏輯架構。

由於 Covid-19 疫情傳播，為了避免病毒傳播之故，申請人也將相關課程改為遠距教學。原本申請人上課採用傳統課堂面授之方式，因疫情的關係申請人也率本校管理學院之先，將上述課程採用 Google Meet 線上遠距教學的方式進行，同時我們也將所有上課內容進行錄製，

並將錄製完成的影片上傳之 Google 雲端硬碟，最後我們將影片網址公告於本校 e 學苑中相關課程之頁面，以方便學生可以在任何時間、任何地點、任何設備下點擊並進行課程的複習。

為了增加學生教學影片觀賞的廣度及深度，本研究除了會將上述影片進行重新剪輯及編排外，我們還會依據選定教學之 CPE 等程式案例中所需之資料結構、演算法以及程式語法等原始課程影片資料外進行額外的教學影片錄製及教學筆記之補充，以幫助學生能夠完成解決相關程式案例問題。

3.4. 選定適合的程式案例(步驟 4)

選定適合的程式案例對於提升學生學習程式動機是相當重要的一個環節。過於簡單的程式案例無法有效測出學生的程式能力；相反的，過於困難的程式案例可能因大部份都無法回答而對學習程式的動機降低。因此，我們必須妥善分析 CPE 等相關程式案例之後，選定適合的程式案例進行翻轉課堂中學生練習之題材。

原始 CPE 檢定的題庫來源為 UVa 網站中所擷錄自國際性 ICPC 競賽中歷年的考古題，其中包含大約 4500 題程式設計問題，雖然 UVa 網站已將所有題目進行分類為難、中、易不同級別。然而，每一級別問題的數量都至少一千多題，在我們課程有限的時間下，我們不可能選定所有程式問題當成課中翻轉課堂的訓練來源；同時，我們也不可能只針對某一級別的問題來進行訓練，因為這樣可能造成無法測出學生程度(過簡單的問題)或則降低學生學習意願(過難的問題)。

依據本校的行事曆去計算，每一門 3 學分課程，一學期上課的週數為 18 週，排除期中及期末考週，一學期以 16 週上課計，而每一週以 3 小時計算，因此實際授課的時間約為 48 小時。平均而言，我們每一個授課小時以回答一個程式案例為目標，因此我們需準備 48 個適當的程式案例問題當成課中訓練的題型。

我們選定的 48 個程式案例問題主要從下列三種來源：CPE 歷屆考題、UVa 網站上題庫、網站系統程式。針對 CPE 歷屆考題的部份，我們針對歷年所有的 CPE 考題及成績去進行分析，去除掉其中大部份學生回答錯誤之難題以及需要特殊資料結構或演算法才能回答之問題，在這部份我們選取 12 題，約 4 週上課的進度。針對 UVa 網站題庫的部份，我們針對不同等級難度的題目分別評估其難度及適合度，為了考量大部份學生的程度及提升學習的動機，我們分別從簡單級別、中級級別、困難級別分別選取 15、10、5 題，總計選取 30 題，約 10 週上課的進度。針對網站系統程式，我們總計會選取 6 題網站系統設計中著名的問題(如 IP 長短地址計算問題、網站系統連線顯示地點問題、代理伺服器應用問題、網站結構及網站資源分配問題、網路爬蟲設計問題、網頁介面呈現問題)，約 2 週上課的進度。

3.5. 建構程式案例評估模擬平台(步驟 5)

針對選定翻轉課堂中使用的 48 個程式案例，我們將設計一個評估平台，其可在設定時間內允許學生團隊上傳案例問題之程式解答，設定時間的原因在於避免學生在非設定時間內上傳完成之程式，以致評分不公正。我們的評估平台除了允許學生團隊於上傳程式進行自動編譯(Compile)並且使用 CPE 案例、UVa 案例、網站案例等樣本輸入資料以及隨機輸入資料等多樣輸入資料型態，進行自動執行且評分的過程，來給定學生團隊成績。我們的評估平台除了具有自動上傳、自動編譯、自動評分的功能外，它還可以給予學生團隊相關程式撰寫的參考及建議，比方：那些程式語法無法通過編譯、程式撰寫風格之建議、程式例外處理情形之參考等。

3.6. 以分組形式解決程式案例之 PBL 教學方式(步驟 6)

本研究於翻轉課堂階段時，我們會將所有選課學生進行分組成為不同的學生團隊。同時，我們會於開學之初即要求所有修課學生於課前須觀看老師上傳之相關資料結構及演算法、程

式語法等相關教學影片，並於課中實行以團隊合作解決 CPE 等程式案例為主之問題導向教學方法。我們的教學方法主要讓學生在程式語言概念漸漸成形時，以真實世界問題的解決歷程，學會運用基礎知識，並透過討論、分工與合作學習，將點的概念建構成面的知識體系。接下來，不同學生團隊經由腦力激盪的討論並實際編碼將 CPE 等程式案例問題進行解決。進行團隊討論時，各團隊學生必須推選出一名領導者，負責溝通與協商；學生在團隊中共同找尋所負責程式設計問題的解決方案。在程式設計過程之中，學生必須明確定義出欲解決的問題，並且找出可行的程式編碼方法。經學生團隊評估後界定出可解決的問題與其限制。完成系統分析後，接著進行程式碼編寫。最後，進行自我測試與他人測試，以驗證解法的適切性與正確性。學生團隊在討論的過程中，老師及助教會在一旁進行觀察，隨時給予意見，以協助不同學生團隊完成問題為目的。

在我們的方法之中，首先將全班學生以 3~5 人為一組的方式組成不同的學生團隊，團隊必須齊心協力完成老師所指定的程式案例問題，以求團隊最高成績。當學生團隊接收到老師所指定的程式案例問題及解釋後，團隊內先瞭解問題的種類及方向，並確認解決問題的方向正確與否。當方向正確後，團隊必須尋求老師或助教的協助，以求選擇正確的資料結構及演算法解決方案。然後，團隊成員經由腦力激盪的方式討論出該程式案例問題所對應之演算法詳細步驟。團隊成員再根據對應之演算法步驟撰寫相對應之程式碼並進行程式編譯，同時必須確認編譯成功與否。當編譯成功時，團隊成員再將完成之程式上傳至案例評估平台以便進行評分。當所有團隊都上傳完畢時，老師再請回答正確的團隊上台進行程式設計步驟之解釋，同時老師、助教、其它學生團隊也可以給予該團隊適當之建議。在本研究所採用之學習方法之中，老師及助教的角色都是出於協助之角色，同時老師也會記錄每個團隊在解決問題時可能出現的問題。當每一堂課結束時，老師會總結大家可能出現的問題，並提出相對應之程式設計建議。

3.7. 師生即時討論平台(步驟 7)

為了學生在課後複習及課中學習都能夠得到良好的回饋機制。我們將建立一個即時討論平台，以供學生能夠提供教學建議，而老師能夠根據建議進行教學改善。在這個平台之中，包含課後討論群組及課中即時回饋。在課後討論群組之中，我們主要是以 Line 或 FB Messenger 建立一個討論群組，其允許學生可以於課後提出教學意見並由老師或助教進行回饋。在課中即時回饋之中，我們允許學生手持行動裝置去使用 Zuvio 及 Google Meet 平台來達成。Zuvio 平台允許老師可以透過事前或課中出題，於課中學生透過行動裝置進行問答，並且即時的統計學生的回應情形；Google Meet 平台允許學生於課中隨時提出發問，並且相關問題會被儲存於 Google 雲端硬碟之中。

3.8. 課程回饋與修正(步驟 8)

無論學生於課後討論群組或課中即時回饋所反應的問題，老師除了會於上課進行回答；同時，老師和助教也會於每星期課後擇定一個固定時段，去討論及分析學生所提出的問題。根據問題分析的結果，我們會據此調整課前準備資料及翻轉課堂進度。比方，當學生反應解決某一特定 CPE 程式案例所需的課前資料並無出現於課前影片之中，我們會額外錄製教學影片及教學筆記以便學生解決相關程式案例問題。亦或者，當大部份學生反應某一特定 CPE 程式案問題特別困難，我們也會即時的更換程式案例問題，以便學生能夠進行回答。

3.9. 問卷調查及差異分析(步驟 9)

本研究的主題在於應用 Kirkpatrick 模式[50]，透過結構化的問卷調查以及系統性的資料蒐集與分析，我們設計一系列的問題並運用相關結果進行統計分析以評斷學生於程式設計課程的學習是否符合 Kirkpatrick 模式所評定的不同學習層次。本研究主要針對修習「網站主從架

構資訊系統」採用程式案例之 PBL 教學方式(實驗組，實施於 110 學年度下學期)以及傳統教學方式(對照組，實施於 109 學年度下學期)進行分析與比較，並且做為日後其它課程改善之基礎。依 Kirkpatrick 四層次模式評估以下幾個問題：(1)反應層次：採用程式案例之 PBL 教學方式的學生，在學期末「對於程式設計的興趣」、「課程的滿意度」以及「團隊合作提升程式開發力」是否會比採用傳統教學方式的學生更高；(2)學習層次：採用程式案例之 PBL 教學方式的學生，在學期末「程式設計的學習成就」是否會比採用傳統教學方式的學生還要來得高；(3)行為層次：採用程式案例之 PBL 教學方式的學生，在學期末是否比傳統教學方式更多人會選修本系所課設的程式設計相關或進階課程。(4)成果層次：採用程式案例之 PBL 教學方式的學生，在學期末是否會比採用傳統教學方式的學生更加地肯定本課程的設計與價值。

4. 教學暨研究成果 Teaching and Research Outcomes

4.1. 教學過程與成果

本研究整體過程依照本研究計畫來進行，並由學生完成相關 CPE 程式案例或網站系統設計。由於篇幅之限制，我們只擷錄部份學生完成之成果。

The image shows a Zoom meeting interface. The main content is a slide titled "12041 BFS (Binary Fibonacci String)". The slide text is as follows:

- ★★★★★☆
- 題意：定義一個類似費布那西數列的序列
- $BFS(0) = 0$; $BFS(1) = 1$
- $BFS(n) = BFS(n-2) + BFS(n-1)$

Red annotations on the slide:

- 0、1為字串
- + 號為字串串接

• 任務：
找到序列的第n個字串，並輸出從第i個到第j個位置的所有字符

The Zoom interface on the right shows a list of participants: 陳, 黃奕瑄 (highlighted), 余采軒, 陳怡瑄, and 周宗翔. There are also icons for mute, video off, and a red phone icon at the top right.

圖 2：學生 CPE 成果報告-1



圖 3：學生 CPE 成果報告-2



圖 4：學生 CPE 成果報告-3

4.2. 學生學習回饋

以下是我們所設計問卷及學生回饋結果。圖 5 為對照組(實施於 109 學年度下學期，選修人數為 40)與實驗組(即本研究，實施於 110 學年度下學期，選修人數 42)之平均比較。

- 反應層次問題

問題 1: 請問本課程設計之教學方式，是否可以提升您的程式設計興趣(1 分最低、5 分最高)?

問題 2: 請問您對本課程的滿意度如何(1 分最低、5 分最高)?

問題 3: 請問您認為本課程能經由團隊合作提升程式開發力(1 分最低、5 分最高)?

● 學習層次問題

問題 4: 請問經由本課程學習後，對於程式設計的學習成就能提升的成度為何(1 分最低、5 分最高)?

● 行為層次問題

問題 5: 請問經由本課程學習後，是否能夠提升你修習本系其它程式設計相關課程之選修動機(1 分最低、5 分最高)?

● 成果層次問題

問題 6: 請問你對於本課程之教學設計與教學價值的評分為何(1 分最低、5 分最高)?

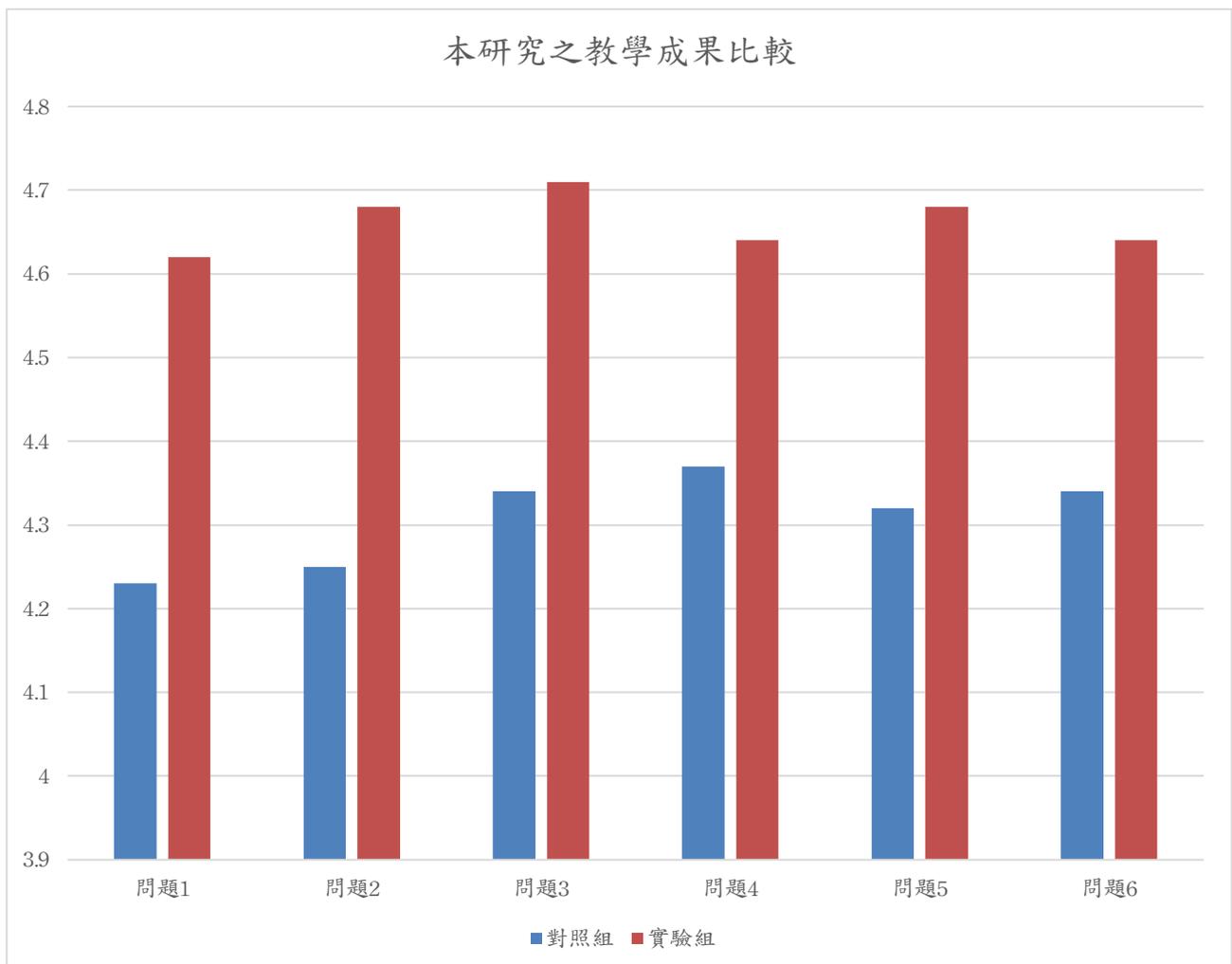


圖 5：本研究之教學成果之比較

4.3.建議與省思 Recommendations and Reflections

主持人確實依照計畫書中所述執行，學生於學習過程也相當投入，諸如 CPE 成果報告時，

學生都會嘗試挑戰星等較高的問題，以求較高的成績，而老師也會適時的給予意見及建議以供學生參考，在此互動模式下，老師除了能夠提升教學的成就感，而學生也能夠提升學習程式的動機，這點可以從上述之教學成果比較來看。然而，由於計畫執行中恰巧遇到 Covid-19 大爆發，以致課程的後期只能改為線上課程，這造成不只師生的互動變少，而且同學間討論的機會也變少了。希望未來疫情結束後，我們此 CPE 為案例之教學案例模式，可以更進一步強化師生的互動感。

● 參考文獻 References

1. 科技部. 科技部傳播調查資料庫第二期第二次-媒介使用與社會互動. 2019 26 November 2020]; Available from: <http://www.crctaiwan.nctu.edu.tw/AnnualSurvey.asp>.
2. 工商書報. 人工智慧如何影響工作的未來?. 2020 26 November 2020]; Available from: <https://ctee.com.tw/bookstore/selection/341471.html>.
3. 林欣穎. 超擬真聊天機器人 救援服務、顧客維護都難不倒它!. 2020 26 November 2020]; Available from: <https://cnews.com.tw/137201019a04/>.
4. 梁宏志 and 葉豐璋. 資通訊大賽登場 首納入無人機項目! 2020 26 November 2020]; Available from: <https://tw.news.yahoo.com/資通訊大賽登場-首納入無人機項目-043800905.html>.
5. 鄧敏. 特斯拉將推出「零介入駕駛」功能! 未來數週展開測試. 2020 26 November 2020]; Available from: <https://newtalk.tw/news/view/2020-10-12/478009>.
6. 涂翠珊. 工業物聯網應用廣, 提升生產安全與效率. 2020 26 November 2020]; Available from: https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&cat1=20&cat2=10&id=0000596109_y7i0egnr1cz9118lpnysa.
7. 羅民諭. 進擊的全民寫程式! 你今天 coding 了嗎?. 2020 26 November 2020]; Available from: <https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sZLK.htm>.
8. 張錦弘. 大學人文社科系 紛增程式設計課. 2019 26 November 2020]; Available from: <https://udn.com/news/story/6925/3971547>.
9. Shaw, R.-S., *A study of the relationships among learning styles, participation types, and performance in programming language learning supported by online forums*. Computers & Education, 2012. **58**(1): p. 111-120.
10. Hayashi, Y., K.-I. Fukamachi, and H. Komatsugawa. *Collaborative learning in computer programming courses that adopted the flipped classroom*. in *2015 International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering*. 2015. IEEE.
11. Liu, Y., Y. Tong, and Y. Yang, *The application of mind mapping into college computer programming teaching*. Procedia Computer Science, 2018. **129**: p. 66-70.
12. Soosai Raj, A.G., et al. *Does Native Language Play a Role in Learning a Programming Language?* in *Proceedings of the 49th ACM technical symposium on computer science education*. 2018.
13. Esteban, A.A. and M.a.L.P. Cañado, *Making the case method work in teaching Business English: A case study*. English for Specific Purposes, 2004. **23**(2): p. 137-161.
14. Bowe, C.M., J. Voss, and H. Thomas Aretz, *Case method teaching: An effective approach to integrate the basic and clinical sciences in the preclinical medical curriculum*. Medical teacher, 2009. **31**(9): p. 834-841.
15. Wassermann, S., *Introduction to Case Method Teaching. A Guide to the Galaxy*. 1994: ERIC.
16. Ito, H. and S. Takeuchi, *Instructors' understanding, practices, and issues regarding the use of the case method in higher education*. Journal of Further and Higher Education, 2020: p. 1-15.
17. Hmelo-Silver, C.E., *Problem-based learning: What and how do students learn?* Educational psychology review, 2004. **16**(3): p. 235-266.

18. Barrows, H.S., *Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview*. New directions for teaching and learning, 1996. **1996**(68): p. 3-12.
19. Hung, W., *The 9-step problem design process for problem-based learning: Application of the 3C3R model*. Educational Research Review, 2009. **4**(2): p. 118-141.
20. Goodnough, K.C. and W. Hung, *Engaging teachers' pedagogical content knowledge: Adopting a nine-step problem-based learning model*. Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning, 2008. **2**(2): p. 6.
21. Wood, D.F., *Problem based learning*. Bmj, 2003. **326**(7384): p. 328-330.
22. Antepohl, W. and S. Herzig, *Problem-based learning versus lecture-based learning in a course of basic pharmacology: a controlled, randomized study*. Medical education, 1999. **33**(2): p. 106-113.
23. Dunlap, J.C., *Changes in students' use of lifelong learning skills during a problem-based learning project*. Performance Improvement Quarterly, 2005. **18**(1): p. 5-33.
24. Beers, G.W. and S. Bowden, *The effect of teaching method on long-term knowledge retention*. Journal of Nursing Education, 2005. **44**(11): p. 511-514.
25. Dring, J.C., *Problem-Based Learning—Experiencing and understanding the prominence during Medical School: Perspective*. Annals of Medicine and Surgery, 2019. **47**: p. 27-28.
26. Zhang, W., *Problem based learning in nursing education*. Advances in Nursing, 2014. **2014**.
27. Khatiban, M. and G. Sangestani, *The effects of using problem-based learning in the clinical nursing education on the students' outcomes in Iran: A quasi-experimental study*. Nurse education in practice, 2014. **14**(6): p. 698-703.
28. Cianciolo, A.T., B. Kidd, and S. Murray, *Observational analysis of near-peer and faculty tutoring in problem-based learning groups*. Medical education, 2016. **50**(7): p. 757-767.
29. Prince, K.J., et al., *General competencies of problem-based learning (PBL) and non-PBL graduates*. Medical education, 2005. **39**(4): p. 394-401.
30. Barber, W. and S. King, *Teacher-Student Perspectives of Invisible Pedagogy: New Directions in Online Problem-Based Learning Environments*. Electronic Journal of e-Learning, 2016. **14**(4): p. 235-243.
31. Prince, M. and R. Felder, *The many faces of inductive teaching and learning*. Journal of college science teaching, 2007. **36**(5): p. 14.
32. Williams, B., *The theoretical links between problem-based learning and self-directed learning for continuing professional nursing education*. Teaching in higher education, 2001. **6**(1): p. 85-98.
33. Vinay, M. and S. Rassak, *A Technological Framework for Teaching-Learning Process of Computer Networks to Increase the Learning Habit*. International Journal of Computer Applications, 2015. **117**(4).
34. Weaver, R.L., *Langdell's Legacy: Living with the Case Method*. Vill. L. Rev., 1991. **36**: p. 517.
35. Burawoy, M., *The extended case method*. Sociological theory, 1998. **16**(1): p. 4-33.
36. Kościelniak, P. and M. Wiczorek, *Univariate analytical calibration methods and procedures. A review*. Analytica chimica acta, 2016. **944**: p. 14-28.
37. Radthorne, D., *Reserves as a Matter of Course: The History and Necessity of Academic Law Library Course Reserves*. Legal Reference Services Quarterly, 2020: p. 1-37.
38. Edens, K.M., *Preparing problem solvers for the 21st century through problem-based learning*. College Teaching, 2000. **48**(2): p. 55-60.
39. 張民杰, *案例教學法: 理論與實務*. 2001: 五南圖書出版公司.
40. ICPC. *ICPS Fact Sheet*. 2020 26 November 2020]; Available from: <https://icpc.baylor.edu/worldfinals/pdf/Factsheet.pdf>.
41. Valladolid, U.o. *Official UVA website*. 2020 26 November 2020]; Available from: <http://uva.onlinejudge.org/>.
42. CPE. *CPE 成績證明申請*. 2020 26 November 2020]; Available from: <https://cpe.cse.nsysu.edu.tw/grade.php>.
43. CPE. *CPE 報名資訊*. 2020 26 November 2020]; Available from:

- <https://cpe.cse.nsysu.edu.tw/grade.php>.
44. CPE. *CPE 簡介與規則*. 2020 26 November 2020]; Available from: <https://cpe.cse.nsysu.edu.tw/index.php>.
45. 王逸民. *線上勤練習，程式設計 Upgrade Programming Skill Upgrade by Means of On-Line Practice*. in 2017 第十一屆資訊科技國際研討會. 2017. 台中, 台灣.
46. 謝育平. *瘋狂程設*. 2020 26 November 2020]; Available from: <http://coding-frenzy.arping.me>.
47. 104 人力銀行. *104 證照中心: CPE 大學程式能力檢定 2020 26 November 2020]; Available from: https://learn.104.com.tw/cfdocs/edu/certify/certify.cfm?cert_no=4002038019.*
48. Amraii, S.A., *Observations on teamwork strategies in the ACM international collegiate programming contest*. XRDS: Crossroads, The ACM Magazine for Students, 2007. 14(1): p. 1-9.
49. CPE. *大學程式能力檢定 2020 年第二次考試結果統計*. 2020 26 November 2020]; Available from: https://cpe.cse.nsysu.edu.tw/doc/CPE_meeting_200609.pdf.
50. Kirkpatrick, D. and J. Kirkpatrick, *Evaluating training programs: The four levels*. 2006: Berrett-Koehler Publishers.