

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：PMS1080036

學門專案分類/Division：數理

執行期間/Funding Period：2019-08-01-2020-07-31

計畫名稱：有離散數學聊天機器人學姐協助之無所不在學習

配合課程名稱：離散數學

計畫主持人(Principal Investigator)：王福星

共同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：中國文化大學資訊管理學系

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2022 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2020 年 8 月 28 日

有離散數學聊天機器人學姐協助之無所不在學習

1. 研究動機與目的

(1) 教學實踐研究計畫動機

本研究計畫係申請人於參與「教育部教學實踐研究計畫學門工作坊」時，受到工作坊交大教研所吳俊育副教授分享其教授高等統計的教學經驗啟發。吳教授將Kahoot作為即時回饋的評量工具，並結合社群軟體於合作學習，以整合到翻轉教學，讓學生能夠保持「焦慮」，將「焦慮」化為鞭策自己的動力以主動學習。本人自96學年度以來一直擔任著離散數學課程之授課工作，也一直以改進此門課的教學成效為職志，過去的教學方式也嘗試整合即時回饋系統、拼圖式合作學習法以及考古題鷹架，仍然看到多個教學現場問題有待改善，包括有如何適度地、即時地提供給學生解題上所需的提示、如何有效地維持學生的學習熱情等問題。

申請人目前在離散數學的教學現場所面臨且亟需解決的問題為【**如何適度地、即時地提供給學生解題上所需的提示**】、【**如何有效地維持學生的學習熱情**】等兩個問題。離散數學的學習對於學生是全新的體驗，學生在探索問題的解決過程碰到阻礙的機會很大，若是無法得到及時的協助，學生將退縮甚至難以繼續。教師必須適時地給予解決問題上的提示，讓學生能在解題之路繼續挺進。所謂解題上的提示，是學生在解題當下一個過不去的點，若是發生在教學現場，教師自然能夠及時提供提示，讓學生繼續往下推演；但是，學生在課後推演時所碰到的解題阻礙，則必須被迫中斷。解題過程當學生無法突破解題障礙或是求得錯誤答案時，教師如果提供完整的解答給學生，學生探索解題的過程將嘎然終止，此舉將不利於其邏輯能力的培養，而是應該給予現階段的提示，協助學生再繼續發展推演，而非當學生碰到解題的阻礙時，教師即提供整個完整的解題過程。所以如何「適度地」提供給學生解題上所需的提示是本人在教學現場所面對的兩難問題。

學生在課堂上推演遇到阻礙時，教師可以主動關懷學生的解題進度並適時地給予提示協助，而課後學生也可以透過如 LINE 等社群軟體向老師尋求進一步的提示，可以預期能夠達到良好的教學品質與學習成效。然而，教師為了協助學生而提供課後的輔導，將承受極大的工作負荷。另外，按申請人的實施經驗，儘管教師願意以高度的熱忱於課後利用網路提供輔導，但是，由於教師與學生的日常作息時間常不一致，所以當申請人一早醒來，看到學生留下的求助訊息時，由於其訊息的發出時間往往是深夜，申請人仍然無法即時提供提示的協助，

如此預期的學習成效將大打折扣。所以如何「適時地」提供給學生解題上所需的提示也是本人在教學現場所面對的兩難問題。

如何有效地維持學生的學習熱情是申請人想要解決的另一個問題。離散數學課程培養同學解決問題能力的首要手段，即讓學生面對問題時，能夠將問題抽象化，然後再以適當的方法來解決該問題，問題的設計很重要，問題本身必須能夠引起學生的興趣，學生才會較有解題的熱情。譬如為了讓學生能夠感受到直接證明法和反證法的差別以及其不同的適用之處，申請人嘗試拋出問題：

若是女朋友問你「你愛不愛我？」，你如何證明你真的愛你的女朋友？

申請人先讓學生猜，到底該用直接證明法還是反證法將比較容易證明？學生在課堂上的反應是熱烈的，學生願意猜這個問題的答案，也樂於表達自己的意見。然而，學生在課後演練題目時，若是碰到解題的阻礙而需要老師提供提示時，申請人想嘗試以數位學習的方式，24小時全天候提供提示，也提供與學生求解的類似題且是有趣的問題給學生，以維持學生的學習熱情。

近來聊天機器人被廣泛地應用在客服，以提供全天候的 Q&A 或是企業的業務介紹。申請人今年看到一篇有關數學教學聊天機器人的論文¹，該論文介紹史丹佛大學學生所設計的聊天機器人 MathBot，可以用來教授中小學數學，作者也做了相關量化研究，研究顯示聊天機器人教學比線上影片教學更受學生歡迎，且學生的前後測成績有顯著差異。本人將以此論文研究為主要參考，嘗試設計一聊天機器人，以加強對學生的課後輔導工作。為了減少教師的工作負荷，也為了能夠全天候地即時給予遇到解題困難的學生協助，特提出此教學實踐計畫案，盼能獲得教育部的補助，聘用助理人員，協助申請人設計運作於社群軟體 LINE 上面的「離散數學聊天機器人」(以下簡稱為「學姐」)，以解決無所不在的課輔需求問題。

本校呼應教育部高教深耕計畫「落實教學創新」、「發展學校特色」、「提升高教公共性」與「善盡社會責任」四項目標，以「紮根學習，多元創新，引領未來，發揚特色」為主軸，研提A計畫：「紮根基礎教學品質，創新教學內容形式」目標為提升學生學習成效、改善教學品質、培養學生具備使用及運用程式語言之能力及培養學生創新創意能力。本計畫為能保證學生程式語言能力之學習有成效，提出培養學生電腦數學能力的創新教學方法，將著重

¹ Grossman, J., Lin, Z., Sheng, H., Wei, J.T.Z., & Williams, J.J. (2018). MathBot: Transforming Online Resources for Learning Math into Conversational Interactions. *Manuscript*.

於邏輯思考能力的訓練。由於邏輯思考能力培養的首要工作為強化學習者的基礎電腦數學能力，而電腦科學的數學語言是離散數學，學生可以透過學習離散數學裡面的概念和方法，增進邏輯運算及程式設計之知識與能力。

電腦科學的數學語言是離散數學，人們透過學習離散數學裡面的概念和方法，描述生活當中的問題，研究出演算法以解決問題。離散數學的學習迥異於傳統數學的學習過程，其中很明顯的差異之處是離散數學不要求學生具備高計算能力的背景，事實上繁複的公式計算是眾多學生在學習傳統數學科目所卻步之處。離散數學涵蓋了組合、機率、邏輯、圖論、演算法等等主題，課程的訓練過程重視邏輯推演以及驗證，是適合於銜接高中數學的課程訓練，而且能夠提升大學生的質量。離散數學如同微積分、代數等課程都是大學部學生的重要學習科目，不過微積分、代數課程的學習往往需要學生記憶很多公式，相對地，離散數學僅讓學生記憶極少數公式，目的在於導引學生更有彈性的思考問題以及其解決方法，事實上，離散數學的學問就蘊涵在我們的日常生活的點滴當中，而學生學得離散數學的涵蓋主題，可以獲得解決問題的能力。

(2) 教學實踐研究計畫主題及研究目的

本計畫之研究主題以提升教學品質和學生學習成效促進為中心，我們將設計應用於社群軟體上的「學姐」，將申請人近十年使用過的離散數學考古題之解題提示轉化成「學姐」的語料庫，讓「學姐」即時且適度地提供學生解題上所需要的提示，作為教材教具研發成果。藉由「學姐」所提供的無所不在的課業輔導，可以提升教學效能。

在教學現場，多數學生是不會主動發問，而課後演練時，又經常碰到解題時的阻礙而不易得到教師即時且適度的提示。申請人面對此一問題，在執行學年度教育部教學實踐研究計畫時，特別與計畫助理人員就考古題設計解題的鷹架，讓面對欲求解問題時，不知如何下手的學生能以類似填空的方式，建立一個大致的解題樣板，然後我們期望在解決了學生「起頭難」的窘境之後，學生能進一步發展解決問題的能力。在學生的課後演練上，考古題鷹架是師生互動的策略與方式。申請人目前在離散數學的教學現場所面臨且亟需解決的問題為【如何適度地、即時地提供給學生解題上所需的提示】、【如何有效地維持學生的學習熱情】等兩個問題。離散數學的學習對於學生是全新的體驗，在探索的學習過程碰到阻礙的機會很大，

教師必須提供學生即時且適度的解題提示，但是過多的提示將有礙學生的探索學習，而若只提供現階段提示的話，學生的接續提問容易加重教師的工作負荷。另外，學生於課後演練遇到瓶頸時，較難得到老師適時的提示協助，容易降低學生的學習熱情。本計畫將嘗試設計應用於社群軟體上的「學姐」，將申請人近十年使用過的離散數學考古題之解題提示轉化成「學姐」的語料庫以及形成判斷用的規則，讓「學姐」即時且適度地提供學生解題上所需要的提示。我們也將進行相關量化研究，以審視學生使用「學姐」之後的接受度以及其課後自主學習的成效。

2. 文獻探討

現今網際網路上的學習資源豐富，離散數學的學習者可以輕易地取得多樣化的線上資源，這些資源可以是由任課教師提供，也可以從廣泛的學術團體之網站取得，如社團法人台灣開放式課程聯盟即提供國內多所大學開放式課程之檢索與網站連結²。開放式課程提供豐富且多元的知識來源，方便學習者以有彈性的時間，有彈性的步伐自主學習，遇到課程內容的問題，須回到課堂上請教老師，或是善用網路通訊方式求教於老師，而無法隨時隨地得到老師的指導。

聊天機器人(Chatbot)是一種機器會話系統，能夠以自然語言介面和人類互動。聊天機器人被廣泛地應用在客服(Xu 等人，2017)、銷售推薦(Argal 等人，2018；Horzyk 等人，2009)、政客粉絲團等等領域。聊天機器人的相關學術研究也被廣泛地討論，以”Chatbot”為關鍵字，在 GooleScholar 上搜尋到的研究資料達 10,200 筆，其中有 5,190 筆紀錄是出現在近五年(2014 年以後)。聊天機器人的研究源自於人工智慧(AI)以及機器學習(machine learning)，大型網際網路業者 Google, Facebook, Microsoft 都視聊天機器人為新一代熱門技術。聊天機器人的製作技術整合了語言模型和演算法，以模仿人類的對話。聊天機器人的發展源自於麻省理工學院的 ELIZA 聊天機器人(Weizenbaum, 1966)。ELIZA 抓取對話中的關鍵字，利用關鍵字找到對應的句子。在聊天機器人的設計方面，學者 Al-Rfou 等人採用規則基礎(rules-based)，將輸入和輸出根據規則作對應 (Al-Rfou 等人，2016)。聊天機器人特別重視對話機制，需要建立一套對於特定領域的知識體系，透過自然語言理解機制，從中拆解出不同的談話基本元素(entity)，讓聊天機器人進入對應的談話基本元素之對話狀態。

² 國立清華大學開放式課程，<http://www.tocwc.org.tw/>

聊天機器人的語言對話可以藉由語料庫(text corpus) 來建立，語料庫描述字彙、文法、對話等等，被語言學家用來發展語言模型。學者 Shawar 以 British National Corpus 建立超過一百萬個 AIML(Artificial Intelligence Markup Language)分類和對話規則，用來訓練聊天機器人 (Shawar & Atwell, 2005)。會話導師(Conversational tutors)的設計則仰賴於自然語言處理(natural language processing, NLP)技術，而自然語言處理包括有正則表達式(regular expressions)、模板(templates)、語意分析(semantic analysis)、語意組成(semantic composition)等等技術。數學會話導師的設計需要根據學生的數學知識以及學生常犯的錯誤之處建立規則，將學生與系統的會話以為回饋。2009年，學者 Alevan 等人使用認知導師編製工具 (Cognitive Tutor Authoring Tools, CTAT) 建構了 MathTutor，並用 MathTutor 當老師以試著教授小學數學 (Alevan 等人, 2009)。

3. 研究問題

「離散數學」課程的教育目標在於讓學生於紮根程式教育的過程，訓練學生的邏輯思考以及有效率解決問題的能力，係屬於本校高教深耕教育「紮根基礎教學品質，創新教學內容形式」的目標之一。申請人在過去十年的離散數學教學過程裡，積極地探討離散數學教學之課程設計、教材教法、教學輔具開發以及運用社群軟體於學生的學習。申請人於課程教學現場看到的問題以及對於該問題之相應處理方式或是試圖解決的想法，整理如下：

【問題一】學生需要對於數學相關課程有一個新鮮開始的機會。目前修課學生之整體學生數學乙指考分數平均約為 31，略高於後標但不及均標，多數學生缺乏數學方面的學習成就以及在數學方面的學習信心。離散數學的學習門檻低，不需要太多的先備知識，本人於學期第一週即讓學生進行遊戲 nim 的競賽，在學生探索求勝方法的過程，導入 game tree 的概念，而且特別強調這個方法出現在課本³的最後一章，目的在於讓學生感受到離散數學的學習確實不需要高深的背景能力，而只要學生願意用力地想(hard thinking)，是能學好這門課，得到好的腦力訓練。

【問題二】學生面對欲求解的問題，往往不知如何下手，然而重度的反覆練習並不利於邏輯思考能力的培養。教師不能一味地期望多數學生都能在一開始即主動向老師詢問其不懂之處，然後再給予指導。因為在教學現場，多數學生是不會主動發問，而且事實上多數學生會選擇

³ Rosen, Kenneth H. (2012). Discrete Mathematics and Its Applications, 7/e

消極地逃避。離散數學的學習成效不適合倚賴於讓學生對於類似題目的反覆練習，因為我們對於學生的訓練重點不在於強化其計算能力；可是學生若是沒有透過適當程度的演練，也難以建立自己的求解能力，所以，反覆演練的程度過與不及是個兩難的問題。申請人面對此一問題，在執行學年度教育部教學實踐研究計畫時，特別與計畫助理人員就考古題設計一解題的鷹架，當學生求解問題但不知如何下手時，能改以類似填空的方式，建立一個大致的解題樣板。我們期望解題樣板能夠解決學生解題時「起頭難」的窘境，然後學生能進一步發展其解決問題的能力。此計畫案正值執行階段，我們將蒐集參與實驗的學生之作答資料以及未來的問卷填答紀錄，作為檢討並發展能增進學習成效的解題鷹架之依據。

【問題三】在課程進行過程實施學生即時反饋評量，費時費力，且可能耗費不貲。教室裡人手一機，但是學生手裡所握的一機並非是老師為了做即時反饋而發放的學生端遙控器（俗稱按按按），而是學生自己的手機。現今的教學現場常見教師用力講課，而學生群有三種典型表現：低頭滑手機型、晝伏夜出補眠型、默默承受型。低頭滑手機型學生多是沉迷於遊戲、觀看影片或是社群通訊；晝伏夜出補眠型常見於晚上打工以及網路遊戲成癮者；至於默默承受型學生，受限於單向聽課，不容易長時間專心於聽課，常見神遊他方或是遇到聽不懂之處，也怯於在課堂上發問。為了確保教學品質，教師可以採用雙向的問答式教學，適當地選用即時反饋工具，將能掌握學生課堂上的學習現況，進而調整自己授課的內容與進度。申請人十年前建議系上購置一套按按按即時反饋系統(Instant Response System)，上課前需攜帶此一厚重硬體到教室佈署，另需花時間發放以及課後收回價值不斐的遙控器。近年來申請人改採用 Kahoot 作為即時反饋系統平台，讓學生回答問題變得跟遊戲一樣，而系統會在學生完成問題後立即顯示排名的得分與各選項的填答人數。不少學生反映「很期待老師上課用 Kahoot 問問題，我們上課也會比較專心」。另外，教師也可以下載系統所提供的報表，了解每一位學生的填答，做為差異化教學輔導的參考。即時反饋系統可以改善傳統教學上，學生怯於發言、缺乏互動、低參與度的狀況，不過，為了做好即時反饋，教師在題目以及答案的設計上需要多費心思，才能持續吸引學生的注意和維持互動的熱度，申請人常需借重年輕小編，幫忙設計題目的問答，以拉近與學生的距離，所以申請人在計畫申請案的經費編列，主要在於聘僱助理人員，以協助計畫的順利進行。

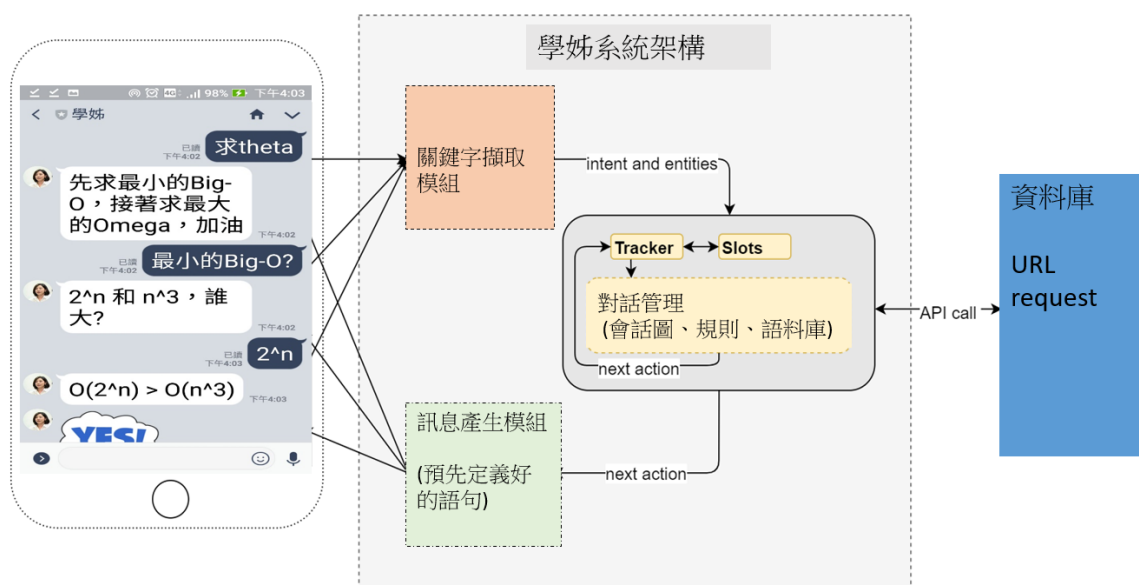
【問題四】學生在探索求解方法的過程中，會因為阻礙而且得不到即時的協助，而難以繼續，甚至退縮。離散數學的學習對於學生是全新的體驗，在探索的學習過程碰到阻礙的機會很大，

教師必須適時地給予提示，讓學生能在解題之路繼續挺進。當學生無法突破解題障礙或是求得錯誤答案時，教師如果提供完整的解答給學生，學生探索解題的過程將嘎然終止，此舉將不利於其邏輯能力的培養，而是應該給予現階段的提示，協助學生再繼續發展推演。如此，學生在課堂上推演遇到阻礙時，教師可以主動關懷學生的解題進度並適時地給予提示協助，而學生在課後也可以透過如 LINE 等社群軟體向老師尋求進一步的提示。然而，教師為了協助學生而提供課後的輔導，將承受極大的工作負荷。另外，按申請人的實施經驗，儘管教師願意以高度的熱忱於課後利用網路提供輔導，但是，由於教師與學生的日常作息時間常不一致，所以當申請人一早醒來，看到學生留下的求助訊息時，由於其訊息的發出時間往往是深夜，申請人仍然無法即時提供提示的協助，如此預期的學習成效將大打折扣。有鑑於此，為了減少教師的工作負荷，也為了能夠全天候地即時給予遇到解題困難的學生協助，特提出此教學實踐計畫案，盼能獲得教育部的補助，聘用助理人員，協助申請人設計應用於社群軟體 LINE 上面的離散數學聊天機器人，以解決無所不在的課輔需求問題。

4. 研究設計與方法

➤ 研究架構

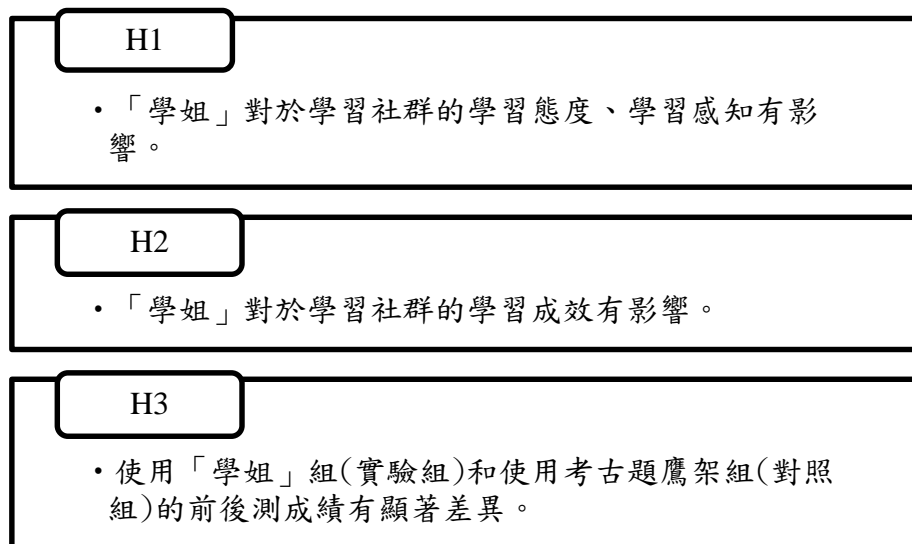
依據研究動機、目的及相關文獻探討，以數學聊天機器人 MathBot⁴為架構進行「學姊」的系統開發，主要開發三項子系統，分別為：關鍵字擷取模組、訊息產生模組與對話管理，詳細架構圖如下圖。



⁴ Grossman, J., Lin, Z., Sheng, H., Wei, J.T.Z., & Williams, J.J. (2018). MathBot: Transforming online resources for learning math into conversational interactions. *Manuscript*.

➤ 研究假設

針對教學品質與學習成效部分，本研究提出以下假設：



■ 研究範圍

本研究預計使用中國文化大學資訊管理系王福星教授的離散數學課程，約 140 位學生，以大學二年級的離散數學為教材的範圍⁵，研究主題著重於學生在課後解題時，若遇到阻礙，可以在 LINE 上呼叫「學姐」，並在對話內容包含問題的關鍵字，而「學姐」回復的解題提示，能否增進學生的數學學習成效。由於設計「學姐」的關鍵在於我們必須先定義出解題過程的提示發生之處以及提示的內容，所以教師的教學經驗非常重要。教師需

⁵ Rosen, Kenneth H. (2012). Discrete Mathematics and Its Applications, 7/e

表一：性別人數之描述性統計分析（資料來源：本校校務研究辦公室）

		班級*性別 交叉列表			總計
		性別			
		女	男	退學	
班級	B	24	40	2	66
	C	24	44	1	69
總計		48	84	3	135

要清楚學生在作答題目和寫證明的過程裡，哪些環節是學生容易發生問題的地方，以及該提供什麼樣的提示才能讓學生的解題過程順利地繼續進行。為了成功地設計出「學姐」，我們將先限縮課程輔導的範圍，換言之，我們首要將建立的語料庫，先不以整個完整的離散數學章節內容為範圍，而是以申請人近十年所設計的考古題為分析的範圍。再者我們在全面部署「學姐」於各學習社群之前，將先徵求學習者試用，做為改善的依據。

■ 研究對象

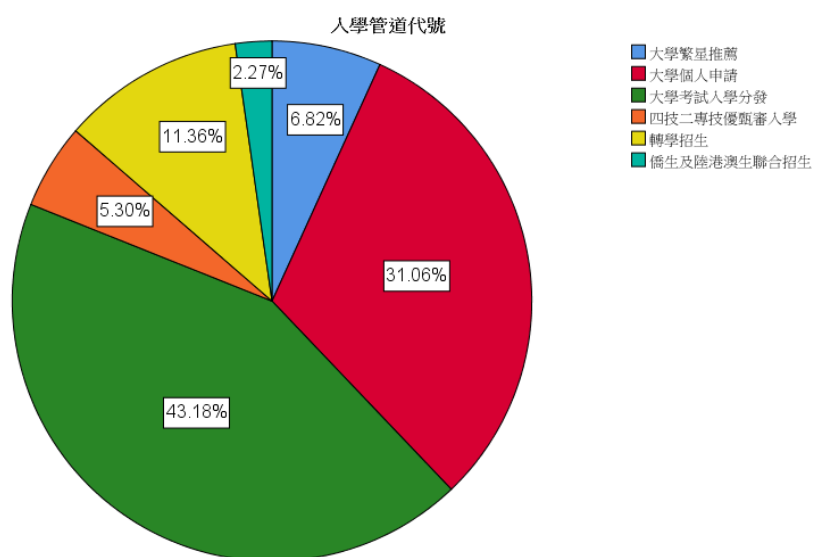
本計畫研究對象為中國文化大學學生，在此以目前申請人所教授的班級學生為擬教學之研究對象，進行特質與學習背景。教學實踐研究對象為電腦科學相關的使用者，而實驗的對象以修讀離散數學課程的學生為主。在教學內容設計上，配合眾多不同電腦科學相關使用者的背景能力，將提供其所熟悉的學習方式來學習。修讀本課程的學生不需要具備高門檻的先備特質或學習經驗，我們將透過教學規畫的設計，逐步培養學生的抽象思維能力、和邏輯推理能力，特別要培養學生能夠運用所學，而有分析解決問題的能力。本計畫擬教學對象之特質與學習背景，預期與目前的修課學生相近，故以 107 學年度兩班(2B, 2C)離散數學課程修課學生為例做分析。修課學生之主要入學管道比例為大學考試入學分發(43.18%)、大學個人申請(31.06%)、大學繁星推薦(6.82%)以及四技二專技優甄審入學(5.30%)。2B 班和 2C 班的修課人數分別為 66 和 69 人，而男女生人數 2B 班：女生 24 人，男生 40 人，而 2C 班：女生 24 人，男生 44 人(見表一)。學生的數學背景能力部份，兩班修課學生之整體學生數學乙指考分數平均 31.19661017、整體學生從指考帶出的數學學測級分平均 3.74、整體學生標準化分數平均 0.300946652(見圖一)(資料來源：本校校務研究辦公室)。

■ 研究方法及工具

本研究將針對研究目的建立研究架構與實驗流程，以離散數學考古題為課業輔導內容，以「學姐」平台作為教學工具，以測驗試題和學生學習行為作為評量工具。研究方法及工具的描述分為實驗部分以及教學品質和學習成效部分。

■ 實驗部分

本研究探究學習社群的合作學習歷程中，教師所扮演的角色與其所運用的具有解題提示的「學姐」課輔對於學習社群的合作學習之影響。本計畫將以申請人所設計的考古題為會話分析的主要對象，根據考古題的解題過程所衍生的概念，產生規則，而解題過程所使用的關鍵字則納入語料庫，並將規則和語料庫做為會話圖(conversation graph)的設計元素。會話圖是能夠反映規則的一種流程圖，圖形中的分岔點對應到提示，在學習者與「學姐」對話時，如果使用



圖一：不同入學管道之學生人數的描述性統計分析 (資料來源: 本校校務研究辦公室)

者能夠正確回答「學姐」的提示，「學姐」如同有限狀態機(finite state machine)一般改變到下一個狀態；若是學習者沒有能夠正確回答「學姐」的提示，「學姐」則退回到前一個狀態，並且原來的提示將被分成更小範圍的提示，讓學習者再次完成上一個狀態的個別部分動作，待確認學習者能夠完成所有上一個狀態的動作之後，再次讓學習者到下一個狀態(原來未能正確回答的狀態)。「學姐」的前台即為社群軟體的使用介面，學習者在社群軟體與「學姐」對話，學習者若是想查看自己回答過的動作或是「學姐」之前的提示，都可以在

社群軟體的操作視窗裡查看。「學姐」的後台即為會話圖以及為蒐集對話資料的資料庫，資料庫將可用來了解學習者常提出的對話用語、學習者習慣的解題步驟以及學習者的作答結果。

4. 教學暨研究成果

(1) 教學過程與成果

- (a) 建立學生對於考古題之學習鷹架概念部分。教師付諸心思於講義製作，進行課程規劃。在介紹每一個學習單元的開始，任課教師以歷屆考古題作為鷹架的設計腳本，教師設定學習目標，讓學生先建立概念框架，然後引領學生進入所需要解決問題之情境。一開始，先由教師啟發引導，然後教師在學生探索過程中適時提示並幫助學生藉由概念框架逐步達到學習目標，引發探究動機，引導學生將抽象的思考結構化，建立思考基礎。
- (b) 具有解題提示的「學姐」課輔的設計部分。教師針對課程主題，以結構化的方式擬定離散數學的解題模式，並設定解題的關鍵點，作為解題的提示。
- (c) 實驗設計將學生分為實驗組與對照組，藉由實驗法之變因操弄可看出變因對實驗對象之影響。實驗組為使用「學姐」課輔的學生，對照組則為使用考古題鷹架的學生。本行動研究在學習成效上以學生之離散數學單元成績為主，進行 t 檢定統計分析，顯著水準訂為 0.05，看學生在參與學習後，實驗組與對照組的單元測驗之成績是否有顯著差異來評析學習成效。
- (d) 部署「學姐」課輔於各學習社群部分。部署「學姐」課輔於各學習社群的初始，教師先在課堂上簡要說明「學姐」的設計原理和使用方式，讓學生能更為清楚如何與初次上陣的「學姐」1.0 版較順利地進行會話，對話期間，老師觀察各學習社群的學習行為，並維持秩序討論，亦在需要時引導學習者進行活動，為學習成效把關，以確保計畫順利進行。在活動進行中，我們使用學習活動記錄機制來全程收集學習者在系統內的學習活動資料。
- (e) 使用滿意度問卷分析部分。設計使用滿意度問卷分析，讓使用「學姐」課輔的學生填答使用滿意度問卷，作為下一版本「學姐」課輔的修正依據。

(2) 教師教學反思

- (a) 改進教學與評量：檢視實驗組與控制組測驗成績級距與顯著差異，作為教師改進教學與評量之參考指標。
- (b) 創新教材教法：教師將針對課程主題，以結構化的方式擬定離散數學的解題模式，分析考題的解題過程之提示點、整理學生解題過程的常見錯誤，除了作為建置「學姐」的會話圖之判斷規則和關鍵字使用之外，也可以將學生解題過程的常見錯誤做為教材的一部分，做為省思的輔助。
- (c) 本研究編製所需的問卷與學習成就測驗，並進行試題分析，同時透過診斷式評分系統進行教學成效的評比，針對學生的作業解題檢驗學生整合數學概念及作業過程，是否能指出一些作業要點或概念流程，或是可能包含某些不正確或無關之演算。本教學研究計畫將分析學生學習過程的困難或迷思之處，作為教學改進的參考。
- (d) 檢討成果與分享經驗部分。根據原先設定之研究問題來提出本研究之結果與建議，並分享给有興趣的教師群。

(3) 學生學習回饋

使用高互動性的教學工具和即時反饋系統：實作評量階段將採用Kahoot或是Zuvio作為課堂教學互動工具以及即時反饋系統，即時反饋系統是一種促進課堂學生反應與群體討論的教學輔助系統，我們將運用即時反饋系統在課程的進行中出題測驗，蒐集所有學生的答案，並以視覺化圖表量化學生的成績。教師可進一步利用作答結果的呈現，引導學生進行答案理由之說明與深入討論，掌握學生課堂上的即時學習現況，並確認學生有能力於課後再進行自主學習。如此學生於課後自主學習時，若遇到解題的瓶頸，較有能力將問題精確地告訴「學姐」，讓「學姐」回復適當的提示。

在活動進行中，我們使用學習活動記錄機制來全程收集學習者在系統內的學習活動資料。活動完成後，我們將利用統計分析來分析與討論所收集之資料。除此之外，我們針對前後測成績做t檢定，以進一步釐清學習成效。

5. 建議與省思

開發輔助課程平台的數據分析技術，讓「學姐」學習環境更友善：設計應用於社群軟體上的「學姐」，將申請人近十年使用過的離散數學考古題之解題提示轉化成「學姐」的語料庫，讓「學姐」即時且適度地提供學生解題上所需要的提示。我們也將開發輔助課程平台的數據分析技術，以蒐集學生與「學姐」的對話，更清楚學生使用此系統的情形，讓下一個版本「學姐」的學習環境更為友善。

6. 參考文獻

- Agnese, A., Pilato, G., Vassallo G., & Gaglio S. (2009). A semantic layer on semi-structured data sources for intuitive chatbots. In: *2009 International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems*, 760–65.
- Aleven, V., McLaren, B.M., & Sewall, J. (2009). Scaling up programming by demonstration for intelligent tutoring systems development: An open-access web site for middle school mathematics learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies* 2, 64–78.
- Aleven, V., McLaren, B.M., Sewall, J., & Koedinger, K.R. (2009). A New Paradigm for Intelligent Tutoring Systems: Example-Tracing Tutors. *Technical Report*. pp. 105–154. <https://www.learnlab.org/opportunities/summer/readings/AlevenMcLarenSewallKoedinger2009.pdf>
- Argal, A., Gupta, S., Modi, A., Pandey, P., Shim, S., & Choo, C. (2018). Intelligent travel chatbot for predictive recommendation in echo platform. *IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)*, Las Vegas, NV, pp. 176-183.
- Bailey, J. E., & Pearson, S. W. (1983). Development of a tool for measuring and analyzing computer user satisfaction. *Management Science*, 29(5), 530-545.
- Beatty, I. D., Gerace, W. J., Leonard, W. J., & Dufresne, R. J. (2006). Designing effective questions for classroom response system teaching. *American Journal of Physics*, 74(1), 31-39.
- Bogart, K. P., Keller, M. T., Levin, O., & Morrison, K. E. (2017). *Combinatorics Through Guided*

Discovery. CreateSpace Independent Publishing Platform.

- Bondy, J. A., & Murty, U. S. R. (2008). *Graph theory*, vol. 244 of Graduate Texts in Mathematics. Springer, New York.
- Brooks, J. S., & Normore, A. H. (2010). Educational leadership and globalization: literacy for global perspective. *Educational Policy*, 29(1), 52-82
- Davis, E. A., & Miyake, N. (2004). Explorations of scaffolding in complex classroom systems. *The Journal of the Learning Science*, 13, 265-272.
- DeBellis, V., & Rosenstein, J. (2008). Discrete Mathematics in the Schools: Experiences from the USA. *Mathematics in School*, 37(2), 2-4. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/30216104>
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem based, experiential, and inquiry-based teaching, *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
- Güven, G., & Franchi, S. (1995). Dialogues with colorful personalities of early AI. In: Constructions of the Mind. *Artificial Intelligence and the Humanities. Special Issue of the Stanford Humanities Review*. 4: 161–170.
- Grossman, J., Lin, Z., Sheng, H., Wei, J.T.Z., & Williams, J.J. (2018). MathBot: Transforming online resources for learning math into conversational interactions. *Manuscript*.
- Henderson, P. B. & Marion, W. (2006). Interactive activities for learning discrete mathematics concepts: tutorial presentation. *Journal of Computing Sciences in Colleges* 22, 1, 65–66.
- Hettige, B., & Karunananda, A. S. (2006). First Sinhala Chatbot in action. In: *Proceedings of the 3rd Annual Sessions of Sri Lanka Association for Artificial Intelligence (SLAAI)*, 4–10.
- Horzyk, A., Magierski, S., & Miklaszewski, G. (2009). An Intelligent Internet Shop-Assistant Recognizing a Customer Personality for Improving Man-Machine Interactions. *Recent Advances in intelligent information systems*, 13–26.
- Lin, M. H., Chen, M. P., & Chen, C. F. (2015). Effects of question prompts and self-explanation on database problem solving in a peer tutoring context. In: *Nguyen N., Trawiński B., Kosala R. (eds) Intelligent Information and Database Systems. ACIIDS 2015. Lecture Notes in Computer Science, vol. 9012*. Springer, Cham
- Neves, A. M. M., Barros, F. A., & Hodges, C. (2006). iAIML: A mechanism to treat intentionality in

- AIML chatterbots. In: *2006 18th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'06)*, 225–231. IEEE. doi: 10.1109/ICTAI.2006.64
- Quarteroni, S., & Manandhar, S. (2007). A chatbot-based interactive question answering system. In *Proceedings of the 11th Workshop on the Semantics and Pragmatics of Dialogue*, pp. 83–90.
- Al-Rfou, R., Pickett, M., Snaider, J., Sung, Y.H., Strope, B., & Kurzweil, R. (2016). Conversational contextual cues: The case of personalization and history for response ranking. arXiv preprint arXiv:1606.00372
- Reshmi, S., & Balakrishnan, K. (2016). Implementation of an inquisitive chatbot for database supported knowledge bases. *Sādhanā* 41(10) 1173–1178.
- Rosen, K. H. (2012). *Discrete Mathematics and Its Applications. McGraw-Hill, 7 Edition.*
- Rosen, S. (2014). *A Fun Way To Help Students Discover Discrete Mathematics (master's thesis).* Arizona State University, Arizona, United States.
- Shawar, B. & Atwell, E. (2005). Using corpora in machine-learning chatbot systems. *International Journal of Corpus Linguistics*, 10, 489-516.
- Turing, A. M. (1950). Computing machinery & intelligence. *Mind, New Ser.* 59(236): 433–460.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425-478.
- Wang, Y. F., & Petrina, S. (2013). Using learning analytics to understand the design of an intelligent language tutor – Chatbot Lucy. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 4(11): 124–131.
- Weizenbaum, J. (1966). Eliza-A computer program for the study of natural language communication between man and machine. *Communications of the ACM* 9(1): 36–45.
- Xu, A., Liu, Z., Guo, Y., Sinha, V., & Akkiraju, R. (2017). A new chatbot for customer service on social media. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM*, 3506–3510.