

【附件三】教育部教學實踐研究計畫成果報告格式(系統端上傳 PDF 檔)

教育部教學實踐研究計畫成果報告(封面)

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program (Cover Page)

計畫編號/Project Number：PEE1100950

學門專案分類/Division：工程學門

執行期間/Funding Period：2021/08/01~2022/07/31

(計畫名稱/Title of the Project) 系狗計畫: 人工智慧教學平台
(配合課程名稱/Course Name) 資料科學導論

計畫主持人(Principal Investigator)：曾國師

共同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：中央大學數學系

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)：2022/09/20

(計畫名稱/Title of the Project)

一. 報告內文(Content)(至少 3 頁)

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

數學系的教學偏向理論，導致學生無法理解理論和實際應用的連結。本計畫的動機在建立泛用的人工智慧平台，讓學生在人工智慧相關課程上使用實體的機器狗平台與感測器，來實際操作課程的理論。本計畫目標如下：

- (1) 開發 5 台機械狗，裝配 RGBD 相機、雷射、慣性感測元件。
- (2) 評估學生的學習成效。

2. 文獻探討(Literature Review)

在 AI 的高等教育方面，美國近 10 年發生巨大的變化。在 2007 年以前，所有的機器人學家都必須自己建造機器人的模塊，包含電路、機械與程式，最後才能在機器人平台上發展 AI。換句話說，所有機器人學家大部分的時間都花在建造平台上，而這件事情對整個領域的研究貢獻來講是極低的，而最後發展 AI 的時間可能佔整體時間不到 10%，更糟糕的是所有機器人學家必須重複相同的事情，等於是人力上的浪費。

有鑑於此 Stanford AI Lab 於 2007 年開始發展機器人軟體共通平台，後來學生也開創公司推動 Robot Operating System (ROS)。這軟體平台有幾個特色：免費、視覺化、模組化、開放化，推廣至今目前為最流行的軟體平台。而 ROS 不僅提升了高教的研究效率，也更高教的課程可以更彈性多元化。讓機器人學家可以用極少的時間整合出機器人，更多時間投入在 AI 研究上。

ETHZ 的 autonomous robot lab (ASL) 是目前學界應用 ROS 最深最廣的實驗室[1]，是目前機器人領域最大的實驗室，有博班學生 60 左右、碩士班學生約 200 人、博士後 10 名。此實驗室也在機器人領域具高知名度，該實驗室將軟體程式碼公開在 github 上，除了推動了機器人領域的演算法與軟體外，亦使其實驗室知名度大增。ASL 不僅用 ROS 當實驗室的軟體平台，也開放最新的程式碼供研究人員測試。例如無人飛行機的模擬軟體[2][3]，無人飛行機於 3D 環境中探勘演算法[4][5]，點雲的開發程式[6]，多邊形的環境規劃最短路徑[7][8]，四足機器人 ANYmal 建地圖與戶外檢測[9][10]。

然而上述的機器人都為高價位的機器人平台，售價都約幾百萬新台幣。而目前大部分價位 2 萬元以下的 ROS 機器人平台皆為輪型移動平台，其運動方式與互動方式受限。若能有足型機器人平台，更能引起學生的興趣。Boston dynamics 從 MIT 獨立出來成立公司後，持續開發出撼動人心的足型機器人，其中 Spot 更開放訂購[11]，然而一台 Spot 售價約為台幣兩百萬左右，非一般高等教育教室所能負擔。於是在 Maker 界的玩家開始自行發展 Mini Spot，開始製造廉價版小型化的 Spot，將電路圖、機械組件都公開[12]，其中機械組件都可以 3D 印表機印製[13]，而其軟體也支援 ROS。

3. 研究問題(Research Question)

本計畫的研究問題如下：

- (1) 開發 5 台機械狗，裝配 RGBD 相機、雷射、慣性感測元件。學生可以於 3 小時內上手嗎？
- (2) 評估學生的學習成效。機械狗對學生學習有幫助嗎？

4. 研究設計與方法(Research Methodology)

本計畫的研究方法如下：

- a) 研製機器狗 5 隻
- b) 機器狗軟硬體除錯
- c) 學生採用機器狗執行專題計畫
- d) 以貝氏推論分析學生學習狀況

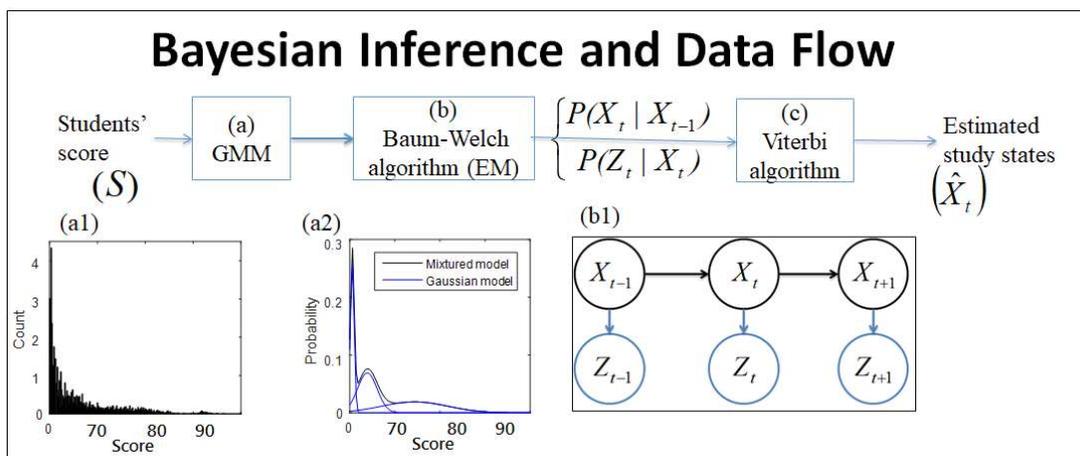
Bayesian inference:

本分析方法的目的是要從學生的分數資料萃取出有用資訊如

1. 學生學習變化機率 $P(X_t|X_{t-1})$
2. 老師評量的模型機率 $P(Z_t|X_t)$
3. 老師評量的準確度

此方法是基於 Bayesian inference，採用筆者於 2018 年所提出架構來分析學生資料 [27]。此架構的基本假設為學生的學習狀態為時序性(例如: 做完作業 1 再做作業 2，而其學習狀態有其相依性)，使用機率模型為隱藏馬可夫模型(hidden Markov model, HMM)，學生學習狀態為隱藏變數(X)、老師給的作業與期末分數為量測(Z)、學生的學習狀態變化為 $P(X_t|X_{t-1})$ 、分數量測模型為 $P(Z_t|X_t)$ 。換句話說，學生的學習狀態是一個隱藏的變數，很難得知，但老師可以透過作業測驗的分數來評量(學生可能很認真，但表現失常或準備方向不同，導致分數低，不能完全反映學生的學習狀態)，但這兩者之間的關係是以機率模型為基礎。例如 X 可分為三種，高分(80~100)、中分(60~80)、低分(<60)， X_1 代表學生在 HW1 的分數狀態、 X_2 代表學生在 HW2 的分數狀態，以此類推。 $P(X_2 = H|X_1 = M)$ 代表 HW1 為中分條件下 HW2 為高分的機率，此模型包含兩個重要概念，(1)動態/時序學習的是機率模型;(2) 老師的評量分數和學生學習狀態是機率模型。

此方法的架構包含幾個模組(如下圖)，高斯混合模型(Gaussian mixture model)、最大期望演算法 (Expectation-maximization algorithm, EM)，凡得比演算法(Viterbi algorithm)。學生的分數輸入 GMM 後(如圖 a1)，將會把學生分數分成三個高斯分布(如圖 a2)。再將資料輸入到 EM 後，可以算出學生的學習狀態變化 $P(X_t|X_{t-1})$ 與分數量測模型為 $P(Z_t|X_t)$ 。將資料輸入到 Viterbi 後會算出最大可能性的學生學習狀態 \hat{X}_t 。



Bayesian inference 架構

在這個架構運算過程中，我們可以得到三個驗證學習指標:

1. $P(X_i|X_{i-1})$ 代表學生在學習過程中，從各個學習狀態變化的機率。例如從中分到高分機率為 0.8，代表學生是學習變化是正向的。
2. $P(Z_i|X_i)$ 代表老師評分的分數和學生學習狀態的機率，越高代表老師出題的代表性較好。
3. \hat{X}_i 代表估測出來的最大可能性學習狀態，由 \hat{X}_i 和 Z_i 可算出精確度，越高代表整體教材設計越好。

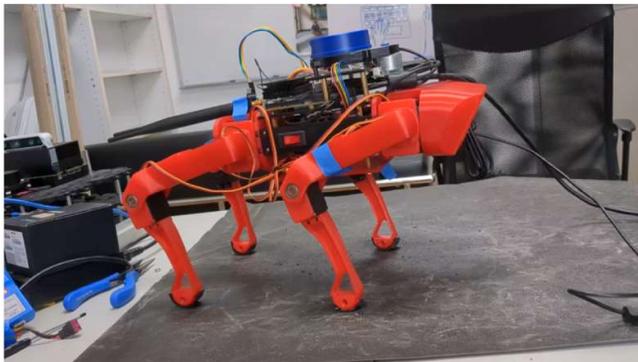
因使用機器狗的學生僅有三位專題生，數據量不夠，無法採用此方法。故採用分數比較的方法來評估。

1. 資料科學專題有 9 位專題生，平均分數為 86.1，以機器狗進行專題的學生有 1 位，其學期總分為 100 分。
2. 機器人專題有 7 位專題生，平均分數為 89.1，以機器狗進行專題的學生有 2 位，其學期總分個別為 99 分、99 分。

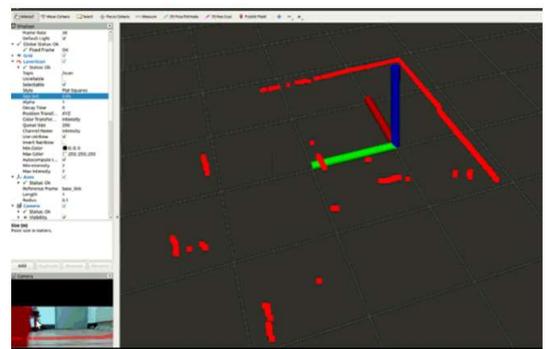
由以上可發現，採用機器狗執行專題的學生，成效較佳。但受限於專題課程人數有限，難以進行更大規模驗證。

5. 教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

(1) 教學過程與成果 (機器狗影片請參見附件影片連結)



(a)機器狗實體圖



(b) 3D 資料介面

機器狗實體與 3D 資料介面

本計畫的執行過程中，最大的問題就在於機器狗開發時辰一再延宕，因為有電路、機械、程式等問題。最後發現程式問題最小，而最大的問題有兩個。

(a) 機器狗有時走路會跌倒

(b) 機器狗有時候開機會跳電(昏厥)

開始釐清問題後發現，(a)的成因在於雷射測距儀裝配的位置太前面，導致機械狗重心不穩，調整後有改善。(b)的成因在於鋰電池的輸出電流無法供應 12 顆

馬達，所以像是一開始機器狗要站起來，需要同時 12 顆馬達輸出電流，這時候負載過大，容易斷電。換鉛蓄電池等可以大電流輸出的電池後應能改善。

在學生使用機械狗做專題的過程中，學生反應良好，因之前實驗室其他的機械人也是使用 ROS，所以學生也容易上手。而機械狗有 12 顆馬達也配戴了 RGBD 相機，相較於輪型的 2 顆馬達，能做的動作更多樣，也讓專題題目更多彈性。以下為學生專題成果：

(a) 強化學習用於機器狗平衡

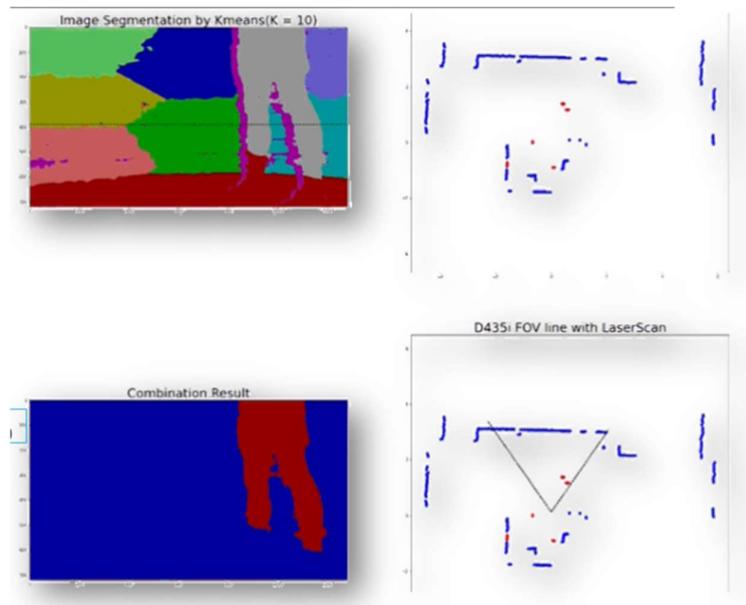
因機械狗在訓練的過程中容易受傷，而訓練時間也很長。因此先將機器狗在模擬器上訓練，再將學到的參數下載到機器狗上，可以縮短學習時間，也可以避免機械狗的運動傷害。如下圖：模擬器上有個平板，每次都會有不同角度，而機器狗會從一定高度落下，開始學習平衡，有時可以成功(如左圖)，有時會失敗跌倒(如中圖)。訓練完畢後，會用一個可用鍵盤控制角度的平台，讓機器人自行平衡，做測試(如右圖)。



皮恩亞, 蔡超偉, “強化學習用於機器狗平衡,” 機器人專題(大二), 2022.

(b) 非監督式學習用於行人偵測

機器狗需與人互動，因此行人偵測就是一個重要的功能，然而只以雷射測距儀偵測人，很容易會有錯誤，所以再以 RGBD 相機的資訊一起融合，可以得到更好的效果。如下圖：右上圖紅色點為分類器偵測為人腳，藍色點為偵測非人腳。可發現有很多點是牆壁，但被判定為人腳。左上圖的不同顏色代表由深度相機所分出來的不同區塊，其中一個區塊為人腳。右下圖為雷射測距儀偵測人腳，黑色線段標示出深度相機的視角範圍。左下圖的為雷射測距儀和深度相機融合後的人腳偵測。從圖中可發現，融合後可提升偵測率。



蔡俊賢, “非監督式學習用於行人偵測,” 資料科學專題(大三), 2022.

(2) 教師教學反思

在整個研發機器狗與學生執行機器狗專題的過程，可以發現學生們充滿興趣，因機器狗的選題多樣性，也提供學生很多有趣的主題研究。

為了能將學生的成果累積，也讓機器狗有更多的功能，未來將朝向以 open source 的方式來執行機器狗專題成果，讓執行的專題生可以將程式碼在 github 上公開，提供給未來的學弟妹參考，也讓機器狗能具備更多能力!

(3) 學生學習回饋

學生教學評量意見如附件。

6. 建議與省思(Recommendations and Reflections)

整個計畫的執行過程中有幾點困難與建議:

1) 計畫經費不足

由於本來 50 萬的經費被刪減成 25 萬，導致執行上有很大的困難。後來經由理學院補助 20 萬，才得以順利進行。

建議: 未來此類有開發硬體的，仍須有基本經費，不然執行上有困難，若無法籌得經費，計畫難以展開。

2) 機器狗研發時辰延宕

由於機器狗研發上有機械、電路、程式等問題，花了很多時間在除錯與整合，變相地導致專題課程延後使用機器狗。

建議: 未來此類有開發教學硬體或教具, 應以多年期為主, 才能順利銜接。

3) 使用機器狗專題生過少

數學系的專題課程雖為系上計資組必修, 但計資組只有 35 位學生左右, 分給 4 門專題課程, 平均一門約 10 位學生左右。以本次計劃來說, 因僅有一位大三學生、兩位大二學生選擇機器狗, 導致受測者樣本數不夠多。

建議: 未來可以擴充更多門課程, 才能有足夠的樣本數。

PS: 本報告於筆者 Covid-19 確診隔離期間完成, 未盡善之處請見諒。

二. 參考文獻(References)

[1] <https://asl.ethz.ch/>

[2] https://github.com/ethz-asl/rotors_simulator

[3] Furrer, F., Burri, M., Achtelik, M., Siegwart, R." Rotorsa modular gazebo mav simulator framework," Robot Operating System (ROS) Springer, 2016.

[4] <https://github.com/ethz-asl/nbvplanner>

[5] Andreas Bircher, Mina Kamel, Kostas Alexis, Helen Oleynikova, and Roland Siegwart, Receding horizon "next-best-view" planner for 3D exploration," IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2016.

[6] https://github.com/ethz-asl/perception_pcl

[7] https://github.com/ethz-asl/polygon_coverage_planning

[8] Gregory Gutin and Daniel Karapetyan."A memetic algorithm for the generalized traveling salesman problem," Natural Computing 9.1, 2010.

[9] https://github.com/ethz-asl/volumetric_mapping

[10] Christian Gehring, Péter Fankhauser, Linus Isler, Remo Diethelm, Samuel Bachmann, Marcel Potz, Lars Gerstenberg and Marco Hutter ANYmal in the Field : Solving Industrial Inspection of an Offshore HVDC Platform with a Quadrapedal Robot," 12th Conference on Field and Service Robotics, 2019.

[11] <https://www.bostondynamics.com/spot>

[12] <https://github.com/mike4192/spotMicro>

[13] <https://www.thingiverse.com/thing:3445283>

[14] Pang-Ning Tan, Michael Steinbach, Anuj Karpatne and Vipin Kumar, "Introduction to

Data Mining," Addison-Wesley, 2018.

[15] Kuo-Shih Tseng and Bérénice Mettler, "Analysis of Coordination Patterns between Gaze and Control in Human Spatial Search", 2nd IFAC Conference on Cyber-Physical and Human-Systems, 2018.

三. 附件(Appendix) (請勿超過 10 頁)

與本研究計畫相關之研究成果資料，可補充於附件，如學生評量工具、訪談問題等等。

系狗計畫報告影片(5 分鐘版): <https://youtu.be/dDUmEt6-t3w>

110 學年第二學期-期末評量-教學評量結果

選課流水號:21035, 課號-班次:MA3133-*, 課程名稱:資料科學專題I

教師名稱:曾國師

修課人數:9, 問卷填寫人數:7, 有效問卷: 7, 無效問卷:0, 填答率:77.78%

綜合評分:4.66, 標準差:0.36, 系所平均評分:4.46, 學院平均評分: 4.47, 全校平均評分:4.5

製表日期:2022-6-15 9:12:24

基本資料								
1.這門課我的缺席次數	從不缺課 (5人)	缺課 1-3週 (2人)	缺課 4-6週 (0人)	缺課 7-12週 (0人)	缺課 13週 (含)以上 (0人)			
2.我有修習本課程	非常同意 (3人)	同意 (4人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)			
3.除上課時間外，平均一星期修讀本課程付出的時間	10小時以上 (3人)	6-9小時 (3人)	4-5小時 (1人)	1-3小時 (0人)	1小時以下 (0人)			
4.我對這門課的學習態度很認真	非常同意 (2人)	同意 (5人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)			
對本科目之教學意見								
5.教師提供完整的課程大綱，且教學內容與課程大綱相符	非常同意 (4人)	同意 (3人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)	無法回答 (0人)		
6.教師的課前準備充分，上課內容豐富充實	非常同意 (5人)	同意 (2人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)	無法回答 (0人)		
7.我在課程中感受到教師的教學熱忱	非常同意 (6人)	同意 (1人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)	無法回答 (0人)		
8.本課程授課內容組織完善，有助學習	非常同意 (5人)	同意 (2人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)	無法回答 (0人)		

9.教材設計能顧及學生的學習狀況	非常同意 (3人)	同意 (4人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)	無法回答 (0人)		
10.教師的教學有助於我對於專業知識之吸收	非常同意 (5人)	同意 (2人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)	無法回答 (0人)		
11.教師講解表達方式良好，使課程容易瞭解	非常同意 (4人)	同意 (3人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)	無法回答 (0人)		
12.教師樂於協助學生解決有關本課程之疑問	非常同意 (6人)	同意 (1人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)	無法回答 (0人)		
13.教師(或助教)對試卷、作業或報告的評分公平合理	非常同意 (4人)	同意 (3人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)	無法回答 (0人)		
14.本科目教師之整體教學表現值得讚許	非常同意 (4人)	同意 (3人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)	無法回答 (0人)		

我對本課程的心得與建議:歡迎表達對本課程之意見，陳述時，請勿使用情緒性詞句。所有的建議，我們會轉達給任課老師及相關系所主管，您的身份我們絕對保密。

15.我對本課程的心得與建議： 如教學態度、教學方式、教材內容、教學評量、教學輔助器材的運用、課內或補充教材之選擇……？	<p>▲建議可以教些特徵工程 資料處理的東西 畢竟資料的事前處理會影響到最後結果 特徵擷取也不是說越多越好 專題可能要让學生早點(可能暑假?) 就先想好下學期要做的目標 不然容易做到後面找不到方向 畢竟要嘗試自己提出方法 這一部分一開始還蠻難且蠻容易做歪掉的</p> <p>▲我覺得作業的格式可以事先說明，例如: Citation 的方式或是專利該附的東西，因為可能第一次做，幾乎都不是了解。第一次有專題課覺得很新鮮，雖然說這堂課是真的很累，但能學到除了專題以外，像是智慧財產權，專利檢索，收穫很多。</p>
---	--

選課流水號:21036, 課號-班次:MA3137-*,課程名稱:機器人專題

教師名稱:曾國師

修課人數:7, 問卷填寫人數:2, 有效問卷: 2, 無效問卷:0, 填答率:28.57%

綜合評分:4.5, 標準差:0.5, 系所平均評分:4.46, 學院平均評分: 4.47, 全校平均評分:4.5

製表日期:2022-6-15 9:12:24

基本資料

1.這門課我的缺席次數	從不缺課 (2人)	缺課 1-3週 (0人)	缺課 4-6週 (0人)	缺課 7-12週 (0人)	缺課 13週 (含)以上 (0人)			
2.我有修習本課程	非常同意 (1人)	同意 (1人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)			
3.除上課時間外，平均一星期修讀本課程付出的時間	10小時以上 (2人)	6-9小時 (0人)	4-5小時 (0人)	1-3小時 (0人)	1小時以下 (0人)			
4.我對這門課的學習態度很認真	非常同意 (1人)	同意 (1人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)			
對本科目之教學意見								
5.教師提供完整的課程大綱，且教學內容與課程大綱相符	非常同意 (1人)	同意 (1人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)	無法回答 (0人)		
6.教師的課前準備充分，上課內容豐富充實	非常同意 (1人)	同意 (1人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)	無法回答 (0人)		
7.我在課程中感受到教師的教學熱忱	非常同意 (1人)	同意 (1人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)	無法回答 (0人)		
8.本課程授課內容組織完善，有助學習	非常同意 (1人)	同意 (1人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)	無法回答 (0人)		
9.教材設計能顧及學生的學習狀況	非常同意 (1人)	同意 (1人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)	無法回答 (0人)		
10.教師的教學有助於我對於專業知識之吸收	非常同意 (1人)	同意 (1人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)	無法回答 (0人)		

11.教師講解表達方式良好，使課程容易瞭解	非常同意 (1人)	同意 (1人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)	無法回答 (0人)		
12.教師樂於協助學生解決有關本課程之疑問	非常同意 (1人)	同意 (1人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)	無法回答 (0人)		
13.教師(或助教)對試卷、作業或報告的評分公平合理	非常同意 (1人)	同意 (1人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)	無法回答 (0人)		
14.本科目教師之整體教學表現值得讚許	非常同意 (1人)	同意 (1人)	普通 (0人)	不同意 (0人)	非常不同意 (0人)	無法回答 (0人)		

我對本課程的心得與建議:歡迎表達對本課程之意見，陳述時，請勿使用情緒性詞句。所有的建議，我們會轉達給任課老師及相關系所主管，您的身份我們絕對保密。

15.我對本課程的心得與建議：如教學態度、教學方式、教材內容、教學評量、教學輔助器材的運用、課內或補充教材之選擇.....？