【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

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

計畫編號/Project Number：PEE1090384

學門專案分類/Division：工程

執行期間/Funding Period：2020.08.01-2021.07.31

訊號分析與機電控制實務

（配合課程名稱:感測與數位訊號處理）

計畫主持人(Principal Investigator)：黃宜正

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立彰化師範大學

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)：2021.07.

訊號分析與機電控制實務

一. 報告內文(Content)(至少 3 頁)

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

(1)教學實踐研究計畫動機:

目前授課實驗內容包含:自動控制，工程數學，但在教學中發現，學生對於如何將理論所引導之數學模型與系統化的概念，在由數學到理解實務上較沒有聯想力與高靈敏度，對於偏向實務操作的應用之理念與想法，甚至到付之行動之能力上變有點欠缺，因此希望藉由此計畫來提升學生面對實務問題，建立有效率地解決工程的問題，並結合學生學習過的理論，讓學生達到實務與理論皆能對接之能力，面對將來在工程實務上能具有勇敢的意志與果決的行動。

(2)教學實踐研究計畫主題與研究目的:

1 增加學生實際操作量測儀器與機電設備之能力。

2 提升學生程式撰寫與分析訊號物理量之能力。

3 增加學生對於自動控制器參數調控的能力。

4 實驗訊號流在配接線(wiring)前與後資料擷取(data acquisition)實作技術。

5 人工智慧機器學習當中資料特徵萃取的能力精神。

2. 文獻探討(Literature Review)

(1) 參考專題式學習法(Project-based Learning):

專題式教學和傳統教育單向式知識性傳輸有所不同，學生不再安靜的坐在教室內聽課，較不易產生課程內容之無趣感，及對於所學內容如何應用之無意義感，能夠挑選具挑戰性且適合學生程度的議題，且能夠與真實世界產生連結。根據[1]所提出，專題式學習法通常可以具備以下特性:

A. 專題式學習法可以提高學生的參與。在講述教學的教室中，學生常會覺得無聊及無意義

感。在專題式學習情境中，學生會更全心投入。

B. 專題式學習可以提高學習成效。相較於傳統的教學，完成某個專題後，學生可以對該專題的內容有更深地理解、更好的記憶及保留，同時，也更有能力將所學應用到新的情境中。

C. 專題式學習可以協助學生建立未來在專案、職場生涯及生活所需的技能。

D. 專題式學習可以協助學生培養在真實情境應用的知識及技能。

E. 專題式學習提供學生使用儀器設備的機會，並藉由科技輔助來提高學習成效。

F. 專題式學習讓學生更主動及參與有設計過的學習任務，學生在學習過程中更能有愉快感。

G. 專題式學習可讓學生思考甚至解決他們關心的重要專題，讓學生的學習可以與真實工程問題產生聯結。

但專題式學習法的優點雖然眾多，但這些優點是需要在「優質的」專題學習下才可產生。而為了建立一優質學習環境。

(2) 首先就一般的機電系統而言，聲音是一個很好的物理量。隨著工業 4.0 的發展，尤其訊號分析的技術也越來越成熟，良好的訊號分析可以獲取的特徵訊息，不論是作為機器的健康狀態，又或者作為加工製程過程中好壞的分類依據，聲音訊號分析都佔據足夠重要的位置。[2]課程介紹所發表鐵琴片振動特性與聲音關聯性之探討，應會引起學生對於以工程的手法，來量測鐵琴片經敲擊後的聲音頻譜響應，了解標的物(鐵琴)之基本頻率，並與振動特性做比較，解釋聲音基本頻率與鐵琴片之振動模態對應之關係，第一個振動模態為鐵琴片之主頻率；也使用不同材質之敲擊鎚對鐵琴片進行敲擊，告知學生其結果的作用係因為使用硬度高的敲擊鎚(剛性高)進行敲擊時，高頻率模態易被激發(因為輸入的能量較高)，而一般鐵琴棒硬度較軟，適於激發第一個振動模態對應之鐵琴片聲音之頻率。如此可以提升學生學習的興趣，緣此，在課程中結合了振動理論與實驗分析於我們

所設計不同風扇 (轉動慣量、有葉片破損的、不同旋轉偏心等)聲音特性之探討，將有助於往後學生對機器設備進行振動與聲學特性的研究。於此，本計畫當中聲音訊號的分析，將列為實驗與理論教學的重要一課題。

(3) 機器載具:日常生活中馬達佔一很重要之元件，以伺服馬達搭配旋轉臂為例。伺服馬達的應用在現今產業中用途非常廣泛，例如機械手臂、伺服滑台機構等，不光是產業界廣泛被運用，另外在學術單位領域中對相關方面的研究也相當多。 [3]利用伺服馬達參數改變搭配加速規量測滾珠螺桿振動訊號，分析滾珠導螺桿壽命，[4]利用頻域設計控制伺服馬達，再分別以位置控制迴路及速度迴路控制，配合撓性的懸臂樑結構，以動態運動量測共振變化，再以改變位置控制參數及速度迴路控制參數來監控觀察抑制共振削減情形。[5]利用單軸伺服滑台以線性運動模式，研究伺服滑台平台上加裝垂直性撓性懸臂樑及加速規量測振動情形，搭配多組參數實驗作減振控制。這些課題都來自於有研究的目的，可以藉由文獻的內容，讓學生了解正確的馬達控制參數設置對於改變旋轉臂慣量改變實驗的影響，可讓學生在實驗的過程當中去體會自動控制的原意、機械負載變化的影響、用加速規量測到的訊號分析等研究內涵。輔以本人多年來與實驗室研究生共同研究多種控制器參數用於不同實驗與創建出不同的設備輔助下，希望透過此計畫將經驗與技術傳授給學生，經由更多學生了解控制器參數、振動、阻尼、剛性、模態等實驗，與日後說明 CNC 控制器所控制多軸伺服馬達在加工上的重要性。

3. 研究問題(Research Question)

為了解決學生實作經驗不足的困境，利用課堂教學與課堂實驗暨期末實作發表實作增進學生實務經驗。讓學生理論與實務接軌。

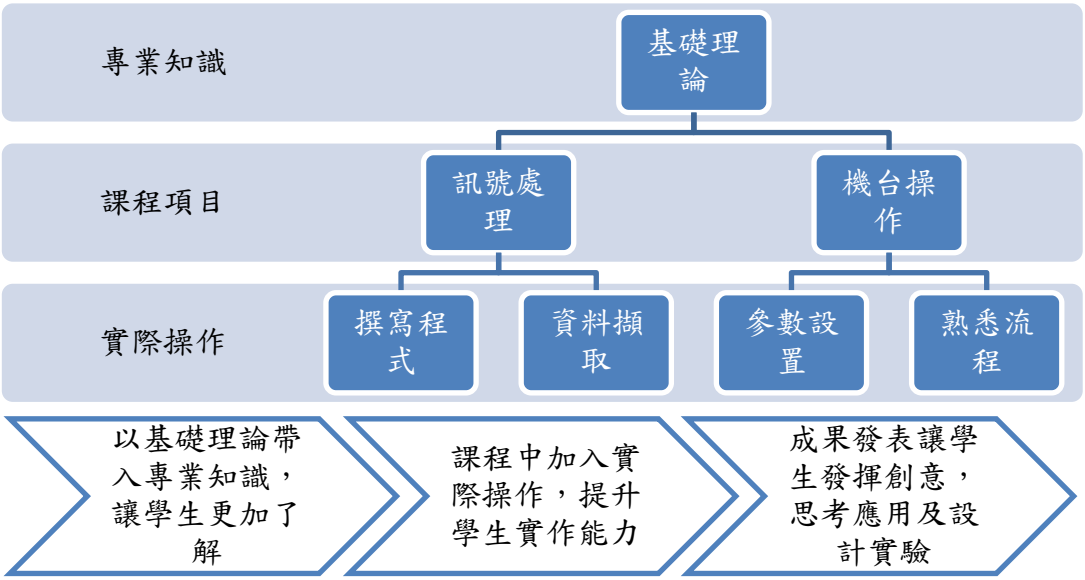
4. 研究設計與方法(Research Methodology)

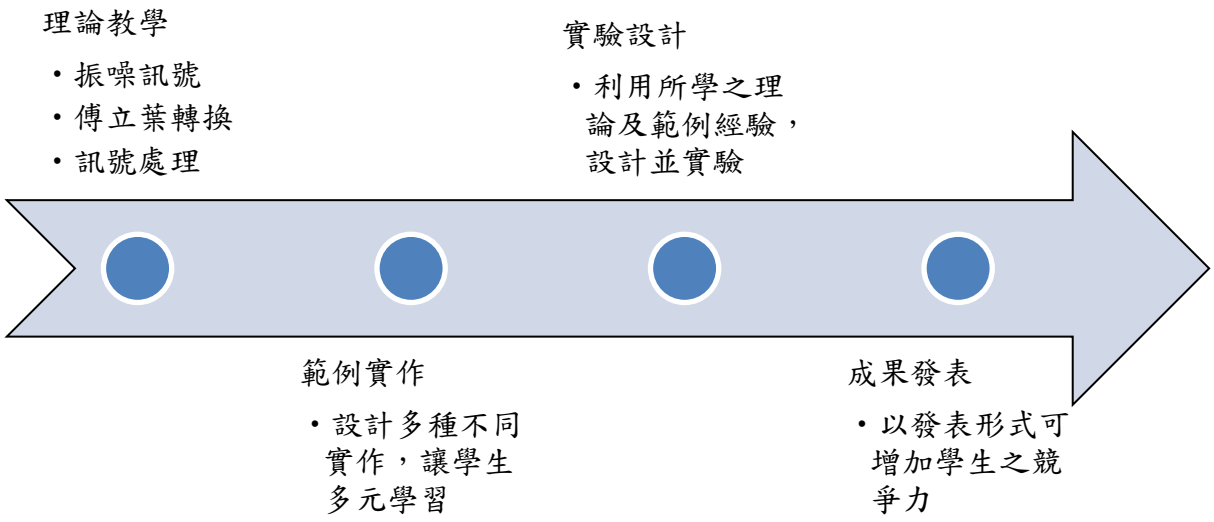
本課程為機電系統整合並且加強數位訊號處理，因此前半段以實作教學為主，進行的教學內容包含控制器參數設定，麥克風的使用與設置，讓學生了解如何使用實驗設備，並且設

置一些較為常見的參數，讓學生從中學習調整各項參數對於加工過程的影響。而期中的部分，主要讓學生從期中前所學之理論中進行一系列設備與感測器實驗測驗，讓學生對於課程的內容有更深的了解。

在期末實作發表中，首先確認學生之實驗設備的使用皆為成熟，再要求以 3-4 人為一組，讓學生設計實際實驗，他們可以透過使用過 CNC 機台進行加工夾製具，或本本體的結構設計與製造，也可以利用 3D 列印機進行組件之成。增進學生使用設備的勇敢與操作之靈敏度，並且透過完成實驗之發表，給予學生意見，協助學生建立日後創新研發的思維與實作出成品的構想與實力。

A. 研究架構





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

(1) 教學過程與成果

(2) 教師教學反思

(3) 學生學習回饋

經由本教學研究所規畫之互動教學設計內容，透過學期課程之進行，茲將課程中深具特色的執行成果介紹如下：

5-1 學生學習成效

當每一堂課程結束之後，本計畫會在每一堂課最後讓學生填寫當日的學習表單，透過實際的分數數據，來了解學生是否吸收課程上的知識。其一是可以了解準備課程對於學生來說是否過於難吸收，可於下次課程前進行教材更新之工作。其二是可以了解實務性課程對於學生在成績上是否有更大的幫助。圖 4-1 為實務課程成績分布，圖 4-2 為理論課程成績分布。顯見學生在過往的學習上在理論的表達與陳述上，較為成熟；然在由於實務課程涉及內容包含實際操作與確切要求，故成績分布有評比上有略降趨勢，但學生的課程參與度表現相當熱絡。

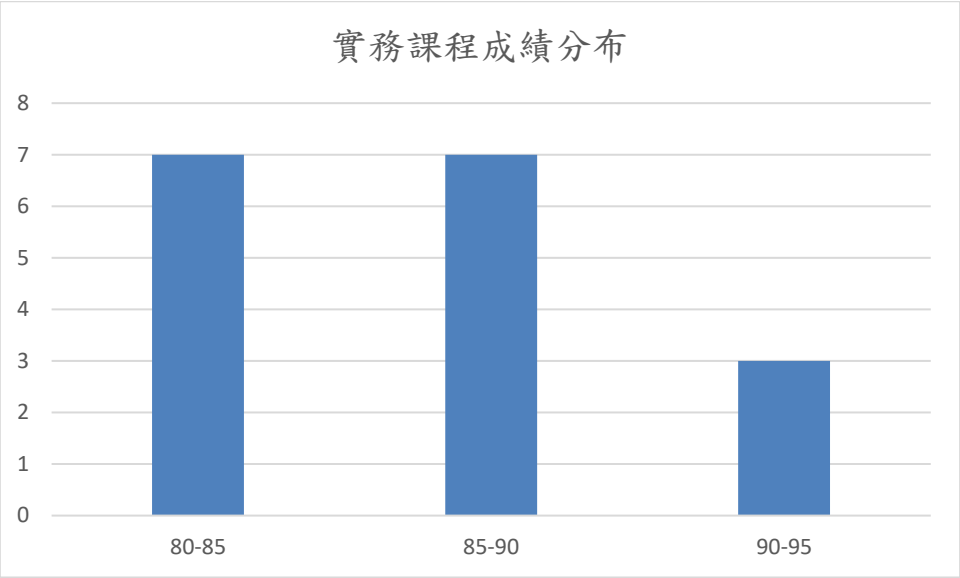


圖 4-1 實務課程成績分布

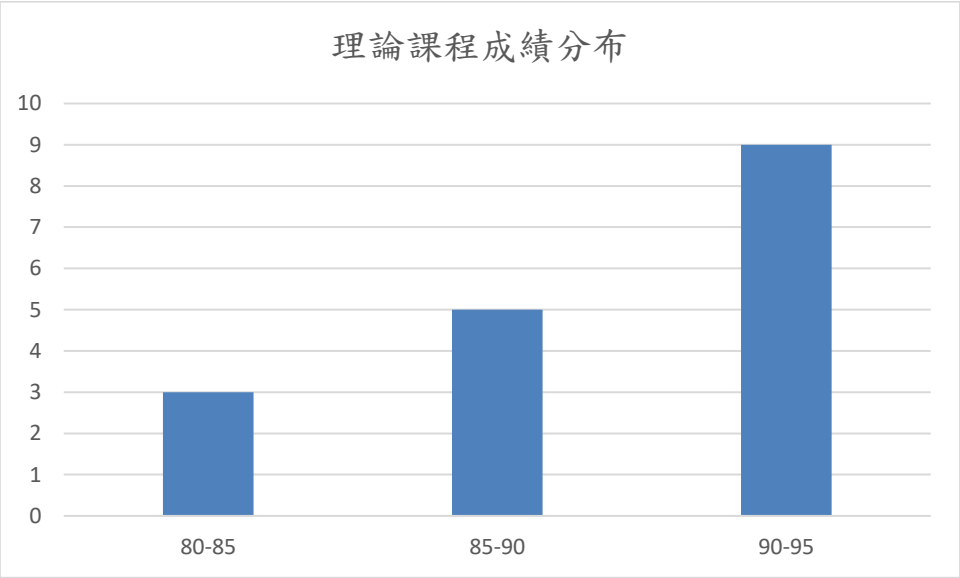


圖 4-2 理論課程成績分布

5-2 學生課程滿意度調查

本研究於期末針對學生參與此次教學實踐研究計畫課程之滿意度調查，本次學習滿意度調查表包含五項，如表 1 所示。

表 1 課程滿意度調查表

問券題目/回答反應	非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意
課程內容使我對實務操作更感興趣	0	0	0	5.9%	94.1%
透過課程的學習,使我學習到實際操作設備的技能	0	0	0	17.6%	82.4%
課程使我在設計實驗時有更多的想法	0	0	0	23.5%	76.5%
透過課程的學習,使我更能獨立了解實驗內容	0	0	0	17.6%	82.4%
透過課程學習使我更能積極參與實驗討論	0	0	0	11.8%	88.2%

透過表 1 可以分析，學生對於課程能夠幫助到實務實驗幫助和實驗設計是有正向的肯定回饋，主要可以從下列得知:1.有 94%的學生認為，此課程的授課內容，讓學生對於實務操作課程更感興趣，並且有 82.4%的學生表示能夠有效學習，如何使用並且操作實驗設備; 2 有 76.5%的學生透過此堂課程，在設計實驗上得到更多的啟發，減少接觸實驗手足無措的情況產生；與其它項目相比下稍低的理由應該是：本課程設計由老師端出發，因為必修課業壓力與需要找更多的課程實作時間，因此在需要花心力之設計思路過程中，會有所阻力。3 有 82.4%的學生透過課程的學習，可以獨立思考實驗的流程，並且獨力完成實驗的操作與設計;4 透過課程的學習，有 88.2%的學生，在實驗課程時，能夠積極的參與實驗討論，從而達到互相學習的成果。

5-3 學生訪談內容

透過課程理論課程與實務課程交互驗證，本教學研究以實際研究會接觸情況下所設計實驗教學，為理解其對學生的學習成效，本研究在課程結束後，皆會設計學習表單讓學生在課程結束後測驗，和在學期期末結束前，讓學生有個從無到有的小專題競賽的發表，並且在最後學期結束前，簡易做了訪談記錄學生的學習成效[如附件 A]，提供日後教學或研究之修正方案。由學生回饋之內容可以得知，學生對於本課程的課程內容，給予本計畫正向的肯

定。在學期末學校對於學生的教學評量[如附件 B]，獲得 5.0 滿分的肯定。

6. 建議與省思(Recommendations and Reflections)

本教學研究透過數據分析，問卷調查，即學生回饋紀錄，了解學生對於此項課程的整體滿意度及教學成效，進而證明本教學實踐研究計畫在學生的學習是有效果的，由學生的回饋紀錄可以得知，學生在設計實驗與操作時，會面臨多項在專題設計時所有面臨之問題，學生能夠提前接觸並且嘗試解決問題，並且在實作課程能激發學生的興趣，因為興趣正是求知的第一步，在學習上能夠有更足夠的動力。因此個人經由前述研究分析結果，思索未來如何更加完善本教學模式，應針對下列三點進行修正，將會是未來繼續精進本教學模式時會面臨的挑戰：

- **操作實驗影片之經驗記錄**：教學影片除進行錄製外，可改為互動式影片，讓學生在觀看影片時提高專注力，將所發現問題錄影下來，作為種子教官(老師傅)的傳承。
- **實驗求證**:在設計實驗課程時，給與學生一準確目標，讓學生努力達成，沒有正確答案，透過課程學習之原理與操作流程，達成學生融入知識領域(Domain Knowledge)進行知識求解與實驗求證的目標。
- **引入人工智慧**:近年來由於人工智慧的興起，在課程上可以將實驗課程融入智慧型神經網路的學習，讓學生在實作中將人工智慧的用途與應用情境與對應之工程目標，擴展學生創意思考的能力與工程實務上應用實力。

二. 參考文獻(References)

[1.] 王金國，2018，「以專題式學習法培養國民核心素養」，臺灣教育評論月刊，2018，7（2），頁 107-111

[2.] 王栢村，林怡馨，2007，「鐵琴片振動特性與聲音關聯性之探討」，中華民國音響學會第二十屆學術研討會論文集，台中，論文編號：。C5

[3.]施彥誠，「利用振動訊號量測藉由黃愕法與多尺度熵診頓滾珠導螺桿預壓力失效之研

究」，國立彰化師範大學機電工程學系碩士論文，2008。

[4.]徐燁智，「以頻域設計伺服馬達共振抑制與精密控制實現」，國立交通大電機與控制工程學系碩士論文，2009。

[5.]練星漢，「撓性懸臂樑之頻率追蹤與減振控制」，國立雲林科技大學機械工程系碩士論文，2014。

三. 附件(Appendix)

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。

A.學生回饋紀錄

1. 問題一: 請敘述一開始對這堂課的期待。

表 A 學生回饋紀錄 問題一

洪〇旻:可以透過一些實作內容實際操作並驗證課堂中所學習到的知識，更能增加對一些常見儀器的認識與熟悉。
廖〇鼎:期待能夠學習利用感測器去將機器所輸出的訊號例如:溫度，速度等去抓出來，並作分析。使運作效率能有所提升，或減少誤差的產生。
陳〇汶:有實作的部分及認識一些儀器的操作方式，覺得很不錯。
沈〇恩:從大一到大三很少有實作的課，所以很期待能在這堂課能多接觸一些機台，因為比起學習知識，我更喜歡能夠動手做出一個實作。
張〇允:期待在系上所學的知識，不僅僅是學過看過，而是能真正應用或是嘗試在自己要完成的實驗上。

2. 問題二: 在課程中所學習到的內容或想法。

表 B 學生回饋紀錄 問題二

洪〇旻:透過老師及助教們設計的課程內容，學習到了許多實驗技巧，也將之前所習得的知識化為實體並進行應用。
陳〇汶:每堂助教課都有詳細的 ppt 介紹，也學習到如何操作一些儀器及使用軟體作分析，例如量測訊號來判斷扇葉的好壞。
沈〇恩:接觸了機台和程式才發現，其實實驗前的環境架構和預先學習是很重要的，每台機器都有其運行的方法和背景，如果不適先了解，可能會造成機台損壞或實驗失敗。
張〇允:我很喜歡第一堂介紹游標卡尺和各項工具的課程，雖然對技職生來說，他可能是很基礎的工具跟使用，但對高中升一般大學的我來說，卻是很寶貴的內容。
游〇鈞: 學習到整個團隊研究的感覺。
吳〇翰:一開始課程介紹各種量測工具，以前都只在書上看過，從來沒有實際操作過，雖然操作簡單很快就上手，但我仔細思考也發現自己在工程方面還有很多基礎知識需要補足，應該自己去發掘不足並加以改善。

3. 問題三: 設計或進行實驗所遭遇難題

表 C 學生回饋紀錄 問題三

陳〇汶:在設計專題時有遇到一些小問題，例如實驗流程的設計，必須考慮到設計出的方法可不可行等因素。
沈〇恩:在使用加速規的時候，很難把資料撈出來，後來熟悉步驟後才有一點進展。
吳〇柔:在使用機台時，常常會發生參數輸入錯誤導致結果與預想中不同。
游〇鈞:基本上我們是由零開始學習，沒有經驗。所以需要先閱讀相關的資料，也需要大量的嘗試。
吳〇翰:因為已經受過大三專題的洗禮，設計實驗並沒有遇到太大的問題，學長跟老師也都給予最大的協助，主要大四上幾乎都在忙著升學的事情，有時候時間不太夠用，所以小組討論後也把實驗設計得比較簡單。
林〇勳:在對 CNC 進行加工參數設計的時候，對於轉速與加工成果的關聯性較難找到，在進行數據的特徵處理時要如何找到不同加工條件的差別也花了一些時間。

4. 問題四: 對本課程建議或改善之處

表 D 學生回饋紀錄 問題四

張〇銘:因為機電系大學部軟體的課程比較少，所以希望之後課程可以多一些軟硬體的融合介紹。
廖〇鼎:建議老師或學長們能多利用影片做為教材，因為影片不僅能吸引同學目光，也能使同學們更了解上課的內容，不會因為太抽象而不懂，提升學習的成效。
沈〇恩:能在短短一學期讓我們接觸到所有實驗室的器材真的很棒，超有效率，在期末的小專題，學長們也提供很多幫助，覺得這堂課很棒。
吳〇柔:因為機器是輪流使用的所以常常會在排隊時沒有事情可以做，感覺如果像上機電系統實務那樣用分組輪流上課的方式，說不定可以減少等待的時間。
張〇允:無，設計跟安排都非常好。
吳〇翰:系上軟體跟實作的課都不多，希望可以拓展這方面的課程，這門課我覺得是很棒的一步。

5. 問題五: 這堂課所帶給你的幫助

表 E 學生回饋紀錄 問題五

廖〇鼎:這堂課讓我了解到做出一個實驗所必經之過程，包括提出新想法，設計實驗，到後面進行實驗與修正實驗流程。這些經驗可以幫助我在後面的專題課，能夠更清楚自己該做甚麼，甚至延伸到之後讀研究所，可以快速地適

應做研究的生活。
陳〇汶:課程內容有學到一些知識，或其他工程界的實驗舉例，有些令人耳目一新，也學到設計一個實驗所需要考慮的問題、進行的方向，也算是對之後專題的預習。
沈〇恩:我覺得這堂課對將來的專題很有幫助，因為這堂課很多東西都要自己摸索，對於未來在專題上可能要自己動腦動手去實驗，有很大的幫助。
游〇鈞:整堂課比較像是一個團隊進行研究，有益於之後的學習。並非一直單方面的灌輸知識。
吳〇翰:這門課帶給我的有別於其他理論課程的思考，有一些基礎的機台操作、實作作業都很棒，但更重要的可以跟老師還有學長們交流，讓我對未來踏進研究所更加期待。
張〇允:對各機台的實際操作有一定的印象跟理解。也謝謝學長會時不時和我們分享業界的現況和相關知識。

B.學生教學評量

國立彰化師範大學 109學年度 第1學期　教學意見反應問卷結果

問卷類型：實習(驗)課程(Practicum/Laboratory course)
科目名稱：(51044)感測與數位訊號處理
授課教師：黃宜正
開課班級：機電三　　修課人數：16人　填答人數：3人　填答率：18.75%　全答(1)的人數：0
列印日期：2021/6/8

個人基本資料

(1)	(2)				
1	2				(1)女 (2)男 性別
(1)	(2)	(3)			(1)學士班(2)研究所(碩、博班)(3)在職碩士專班 學制
3	0	0			
(1)	(2)	(3)	(4)		(1)一年級(2)二年級(3)三年級(4)四年級 年級
0	0	2	1		
(1)	(2)				(1)必修(2)選修 課程類型
0	3				

學生自我學習評量

(1)	(2)	
3	0	(1)同意(2)不同意 教育的美德是道德、理性與智慧，我將恪守這一份道德的責任，以理性與客觀的態度填答此份問卷，以智慧與尊重對課程及教學提出中肯的建議，並對為教育和學習而努力的人表示敬意，不使用可能毀損他人名譽之文辭。

教學評量

平均	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)完全不同意 (2)不同意 (3)普通 (4)同意 (5)完全同意
5.00	0	0	0	0	3	老師很少無故缺課或遲到早退。
5.00	0	0	0	0	3	教師對學生的成績評分標準有依據且合理。
5.00	0	0	0	0	3	教師的講解示範條理分明、清晰流暢。
5.00	0	0	0	0	3	教師能提供實習（驗）課程相關教材，詳細指導實習（驗）的進行。
5.00	0	0	0	0	3	教師所提供的實習（驗）內容具學習價值。
5.00	0	0	0	0	3	教師關心學生實習（驗）狀況，能適時與學生討論給予回饋。
5.00	0	0	0	0	3	教師指導實習（驗）時能尊重性別平等，不會有性別差異或性別歧視之言語、舉止、態度。
5.00	0	0	0	0	3	教師具備指導本實習（驗）課程之專業知識。
5.00	0	0	0	0	3	本實習（驗）課程有助於我專業能力之提升。
5.00	0	0	0	0	3	整體而言，我修習本實習（驗）課程獲益良多。
總平均： 5.00						

[其他具體建議]註：對於教學評量中之性別差異題，若回答1(完全不同意)，亦請補充說明之
1、

2.學生期末專題發表

本研究在期末時，有舉辦期末小專題發表，讓學生利用課程所學知識與實驗設備進行實踐，讓學生從無到有自行發想並成功完成內容，下方圖片為展示期末發表示意圖。

圖 A 學生發表照片圖

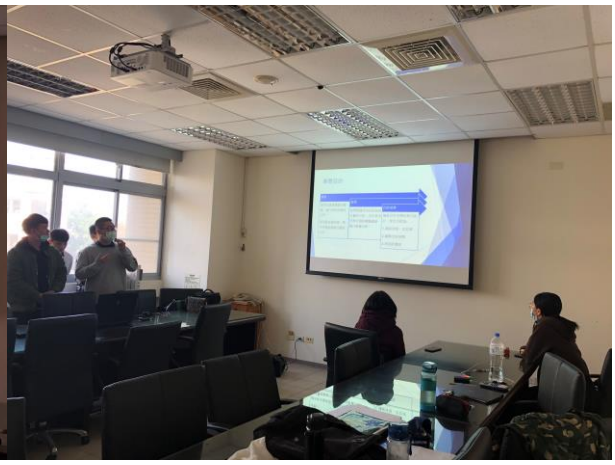


圖 B 學生發表照片圖

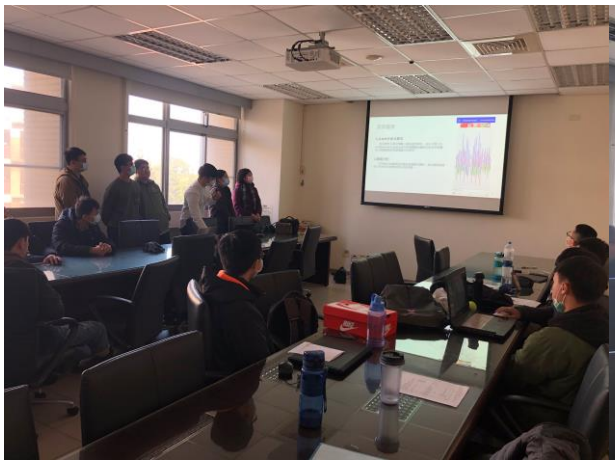


圖 C 學生發表照片圖

圖 D 學生發表照片圖

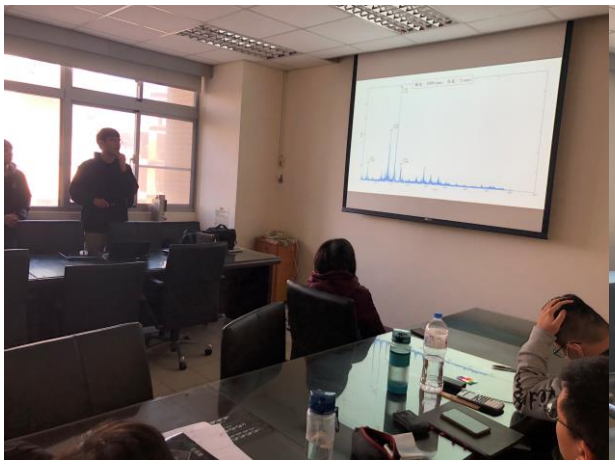


圖 E 學生發表照片圖

圖 F 學生發表照片圖

圖 G 學生發表-評分老師

圖 H 學生發表頒獎

圖 I 學生發表頒獎

圖 J 學生發表頒獎

3.課程設計反思與學習互動

3-1 控制系統及參數調變

本週上課分為前後半部，前半部主要以基礎自動控制觀念像是「何謂系統」、「開迴路系統與閉迴路系統的差異」與利用一些生活可見例子帶入主題，將理論類化後成為較為能想像的主題幫助同學提升對此門課的認知，提升同學們先備知識，如:常見的電器吹風機屬於開迴路系統，開迴路系統設計簡單不容易控制，但對於產品本身我們並不在意吹風機是不是每一秒吹出來的風都一樣大，因此開迴路系統即可滿足不需要設計成閉迴路系統，又或是對於系統的性能而言我們該如何判斷其屬於線性非線性或時變非時變，以及該如何判斷系統響應以及投入測試訊號等等。並藉由設計一份學習單輔以連結上課內容及實驗探討。課程後半部則偏重於將理論轉換成上機實際操作，運用線性馬達作為實驗載體設計一個簡單的參數調變實驗幫助學生能以肉眼實際觀察現象並對 PID 參數有一個基礎的概念和認知，幫助學生在未來進行專題研究或相關課程時能更快進入狀況，研究起來更得心應手事半功倍。

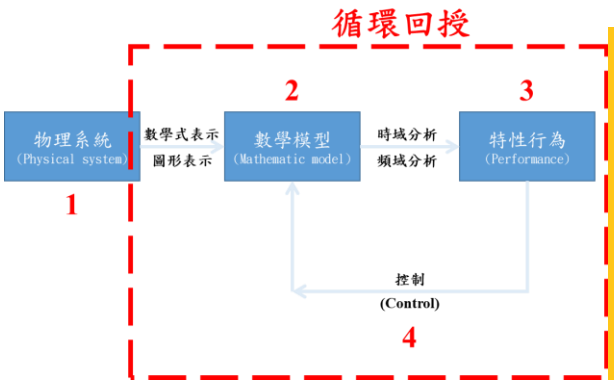


圖 3-1 循環系統

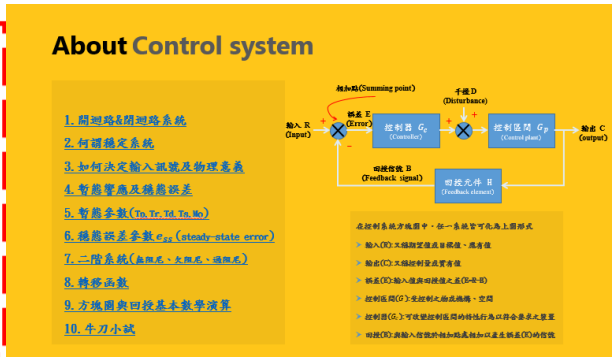


圖 3-2 控制系統大綱

前半部在理論課程中為增添趣味性及互動性，藉由事先準備好的小糖果小餅乾以有獎徵答的方式進行雙向互動，在問答的過程中不僅能讓學生能及時思考與討論，還能讓學生對於思考過的主題起到加深映像的作用，課程中在一個段落後會以簡單的牛刀小試給予學生及時的小考試，不僅能夠驗證學生對於課程內容吸收的程度，亦能讓授課者得到即時的難易度反

饋，以利於隨時對課程內容進行掌握及調整，類似運用翻轉教學的方式來提升整體課程的自由。

後半部所設計的上機實驗部分，主要是將控制系統的概念實際融入手邊即可操作的機具上，設計將鐵尺固定於線性馬達上，藉由調整比例控制器參數 Kp 及觀察感測器加速規於線性馬達作動上的震動情形並結合光學尺於人機介面時域圖上之變化情形進行探討，同時肉眼可見鐵尺之振動情形輔以感測器加速規藉此幫助同學將抽象理論可視化，接著加入橡皮筋來模擬成在系統內加入阻尼以改變系統狀態並藉由改變控制器參數來觀察鐵尺的變化情形，之後輔以感測器及訊號處理過後實際驗證實驗成效。

從實驗結果可以看出，在未調整比例控制器參數 Kp 前白線為位置曲線 command 值，而紅線為位置響應曲線之實際值，明顯產生落差為實際值無法追上 command 值的狀況，但經由調整比例控制器參數過後可以發現 tracking 情況明顯獲得改善，簡單地驗證了參數調變於現實產業之應用。

圖 3-3 授課老師上課照片

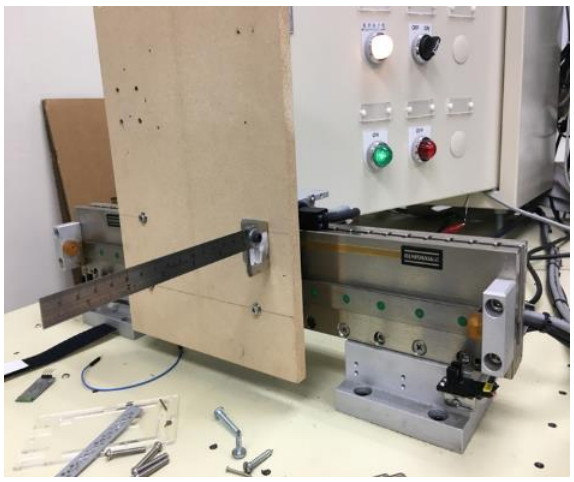


圖 3-3 線性馬達鐵尺震動實驗

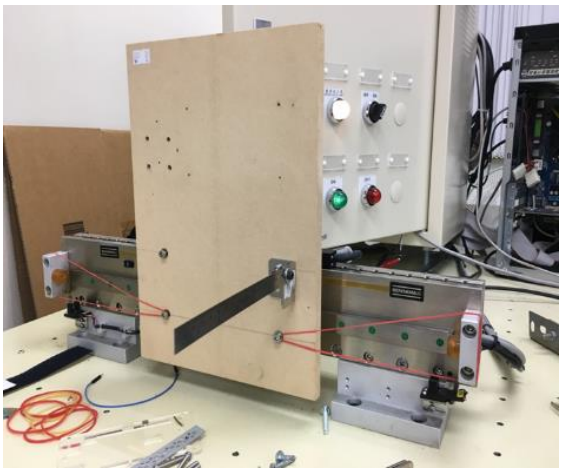


圖 3-4 模擬加入阻尼線性馬達鐵尺震動實驗

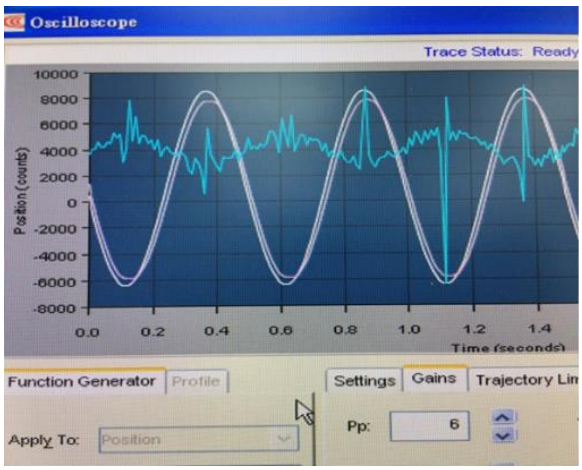


圖 3-5 比例控制參數調整前時域圖

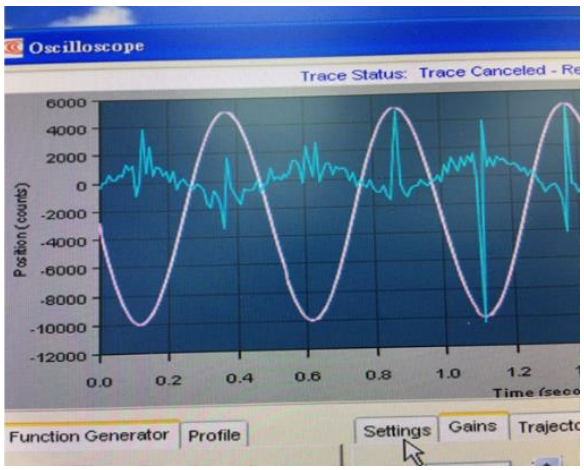


圖 3-6 比例控制參數調整後時域圖

課程時遇到之問題:

1.學生在上機實驗課程時，由於機台數量有限無法讓多組同學同時作業，因此需輪流操作，造成空間稍微擁擠。

2.學生在後半部上機實驗課程時，由於機台數量有限無法讓多組同學同時作業，再加上每位同學對機台的熟練度與知識理解程度不同，所以在時間的掌控上不如預期順利。

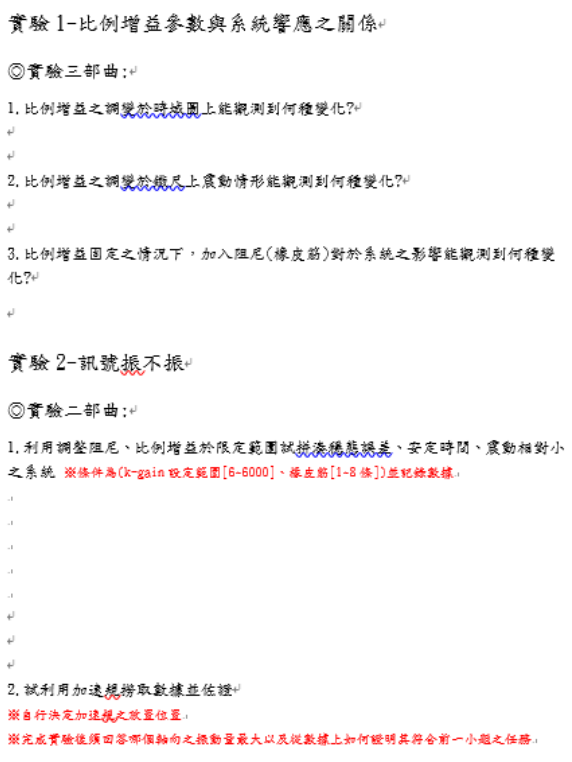
3. 部分同學有反映課程較為緊湊在學習單的完成狀況略顯吃力。

課後思考解決方案:

1.針對空間擁擠上想到解決的方法為減少一組內之組員數，讓機台的觀測與紀錄操作上能更加流暢與空間感覺不擁擠提升實驗效率。

2.針對時間掌控上之問題提出之改善方案為，預留更加寬裕之實驗時間，或是將課程拉長至兩周課程以確保每位同學在基礎不一致之情況下也能擁有充足時間完成實驗以解決問題，而針對這項問題我們則最終以挪用其他週之空閒時間讓未完成實驗之同學得以完成實驗。

3.針對學習單的部分彈性調整完成時間或可當作回家作業，讓學生在課堂吸收過後回家寫學習單能內化成自己的知識，同時放寬實驗時間不急於一次課程內完成可彈性延後至其他週完成在行繳交。


實驗 1-比例增益參數與系統響應之關係

◎實驗三部曲:

1. 比例增益之調變於時域圖上能觀測到何種變化?

2. 比例增益之調變於機尺上震動情形能觀測到何種變化?

3. 比例增益固定之情況下，加入阻尼(橡皮筋)對於系統之影響能觀測到何種變化?

實驗 2-訊號振不振

◎實驗二部曲:

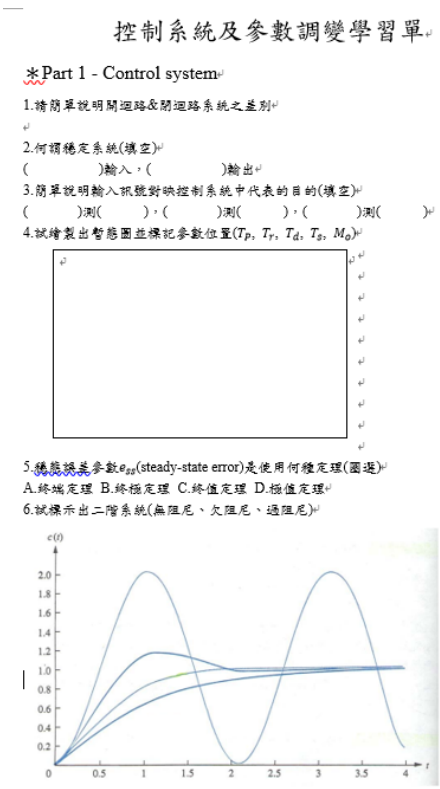
1. 利用調整阻尼、比例增益於限定範圍試找穩態誤差、安定時間、震動相對小之系統 ※條件為(k-gain 設定範圍[6-6000]、橡皮筋[1-8 條])並記錄數據

2. 試利用加速規擷取數據並佐證

※自行決定加速規之放置位置

※完成實驗後須回答哪個軸向之振動量最大以及從數據上如何證明其符合前一小題之任務

圖 3-7 課程內容學習單 1


控制系統及參數調變學習單

*Part 1 - Control system

1.請簡單說明開迴路&閉迴路系統之差別

2.何謂穩定系統(填空)

(　　)輸入，(　　)輸出

3.簡單說明輸入訊號對映控制系統中代表的目的(填空)

(　　)測(　　)，(　　)測(　　)，(　　)測(　　)

4.試繪製出暫態圖並標記參數位置(T_p, T_r, T_d, T_s, M_p)

5.穩態誤差參數e_{ss}(steady-state error)是使用何種定理(圖選)

A.終端定理 B.終極定理 C.終值定理 D.極值定理

6.試標示出二階系統(無阻尼、欠阻尼、過阻尼)

圖 3-8 課程內容學習單 2

3-2 Matlab 教學

本週上課為程式相關課程，因此從基本資料型態、基本語法等都必須先進行說明，再講解範例作法，最後讓他們進行範例相關之練習題，讓學生不單單只會照本宣科，也能有自己思考的空間，去了解其中程式設計的邏輯，並加以運用。

由於大部分學生為第一次接觸或使用 Matlab，在學習成效上不一定能百分之百的吸收，因此在講解清楚之餘，解決他們的疑惑也是相當重要的課題，在準備課程中應將細節也考慮進去，避免產生無法回答學生疑問的窘境發生。

課程主要分為了解程式最基本工作列及資料型態，再來是矩陣運算，讓學生可以從判斷數值型態，到使用指令達成運算目的。進一步編寫副程式，能夠有效簡化主程式的行數，並且多次使用。接下來是微分基礎運算程式，透過簡單的例子，讓同學了解如何將多項式或三角函數進行微分。最後以簡單線性回歸作為例題結束本堂課。在每項課程內容中，皆會預留時間讓同學聽完講解，可以立即進行學習單對應內容，並且有助教能夠隨時解決疑問。

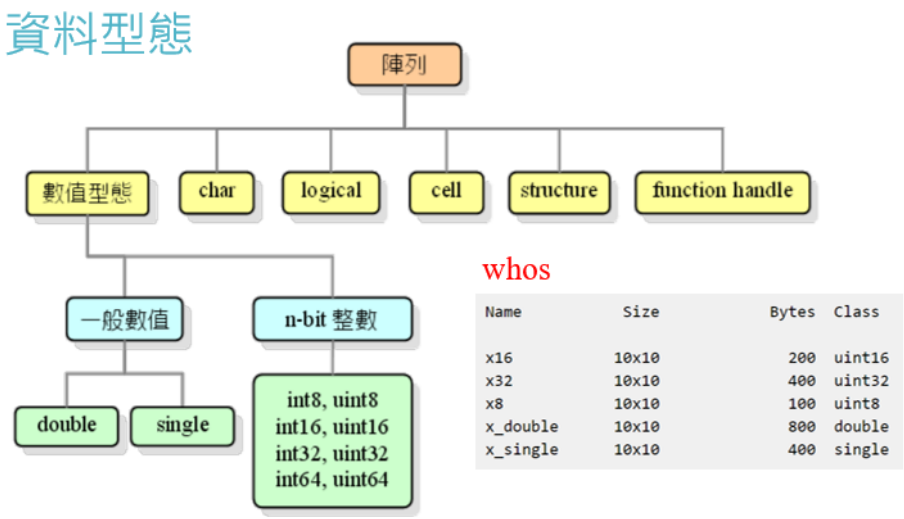


圖 3-9 課程內容-資料型態

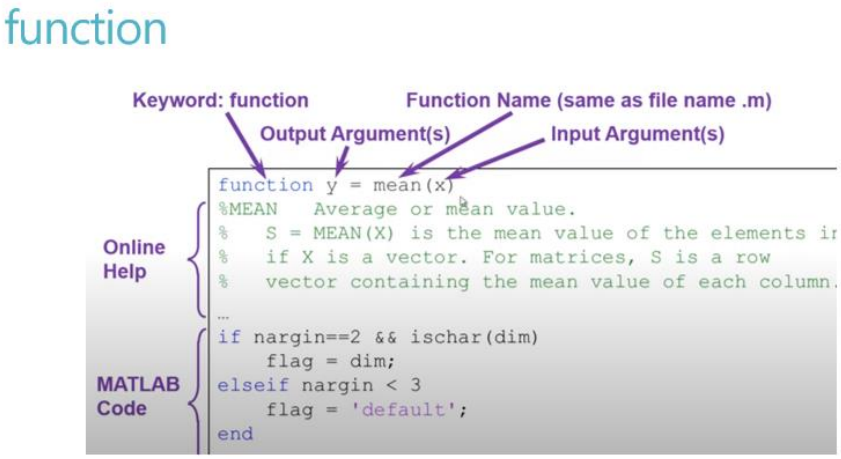


圖 3-10 副程式說明

微分

$9x^3 - 5x^2 + 3x + 7$

多項式(polynomials)：	數值微分(numerical)：

寫做 a = [9, -5, 3, 7];
 	
求值：f = ployval(a , x);
plot(x , f);
 	
微分：f = ployder(a);
微分後求值：ployval(ployder(a),1)
 	
積分：f = ployint(a , C)
	$f'(x_0) = \lim_{h \to 0} \frac{f(x_0 + h) - f(x_0)}{h}$
	
	x0 = pi/2; h = 0.1;
	x = [x0 x0+h];
	y = [sin(x0) sin(x0+h)];
	m = diff(y)./diff(x);

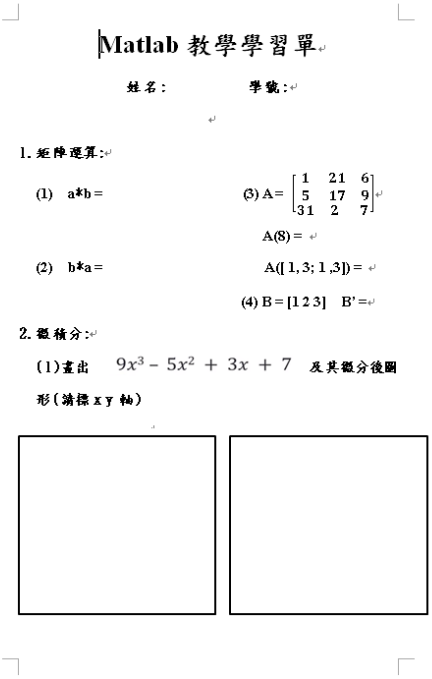
圖 3-11 matlab 微分運用

課程時遇到之問題:

1.學生對於使用 Matlab 尚且不那麼熟悉，每個人對於範例的學習程度也不太相同，因此可能造成有學生已經完成練習，而還有學生還在進行範例的了解。

課後思考解決方案:

1.請助教協助進度較為落後的學生，在大部分學生完成練習題時，則可以進行接下來課程的講解。



Matlab 教學學習單

姓名：　　學號：

1. 矩陣運算:

(1) a*b =

(2) b*a =

(3) A= $\begin{bmatrix} 1 & 21 & 6 \\ 5 & 17 & 9 \\ 31 & 2 & 7 \end{bmatrix}$

A(8) =

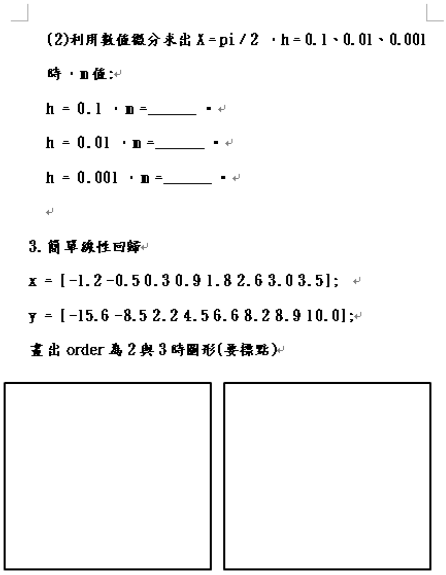
A([1,3;1,3]) =

(4) B = [1 2 3] B'=

2. 微積分:

(1)畫出 $9x^3 - 5x^2 + 3x + 7$ 及其微分後圖形(請標 x y 軸)

圖 3-12 matlab 學習單(1)



(2)利用數值微分求出 X = pi / 2 ，h = 0.1、0.01、0.001 時，m 值:

h = 0.1 ，m =_____ 。

h = 0.01 ，m =_____ 。

h = 0.001 ，m =_____ 。

3. 簡單線性回歸

x = [-1.2 -0.5 0.3 0.9 1.8 2.6 3.0 3.5];

y = [-15.6 -8.5 2.2 4.5 6.6 8.2 8.9 10.0];

畫出 order 為 2 與 3 時圖形(要標點)

圖 3-13 matlab 學習單(2)

3-3 機械基礎工具與 G、M code

本週上課分為兩部分，前半部分為機台、車銑床刀具與手工具介紹，後半部分則為簡易的 G、M code 講解與實際練習。

由於前半部分受餘時間與實驗室機台種類限制，對於機台、車銑床刀具與手工具介紹皆為實際刀具工具與影片做為輔助來講解其使用方式與正確使用方法。值得開心的事，在這有限的課程內，學生有對碰的到手的工具與影片中做提問(如:車刀切削種類與方式、車刀刀柄的設計概念、銑刀 Z 軸向螺旋進刀之原因……等)，算是意料之外的收穫。

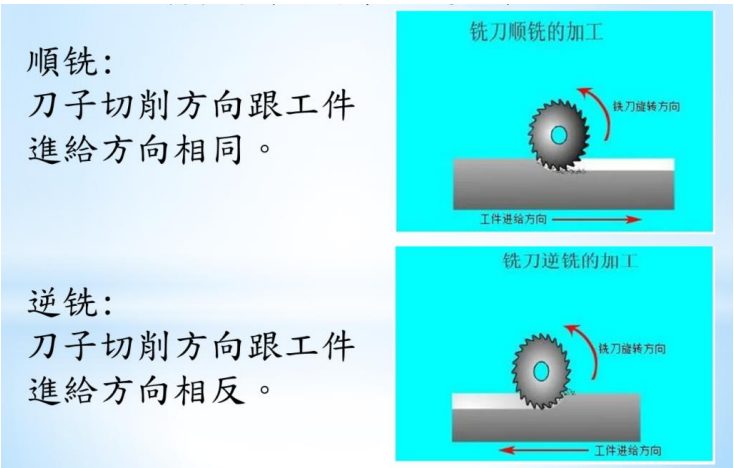


圖 3-14 順銑與逆銑

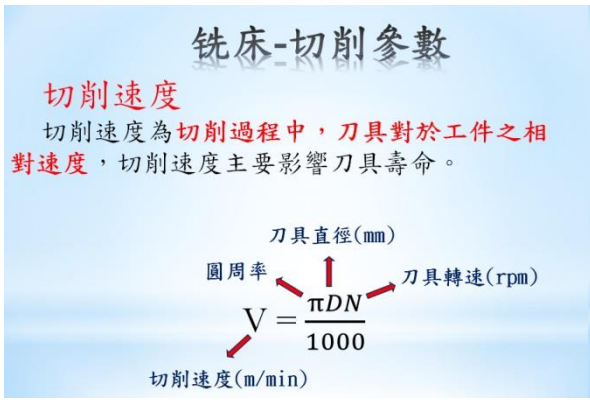


圖 3-15 切削速度計算

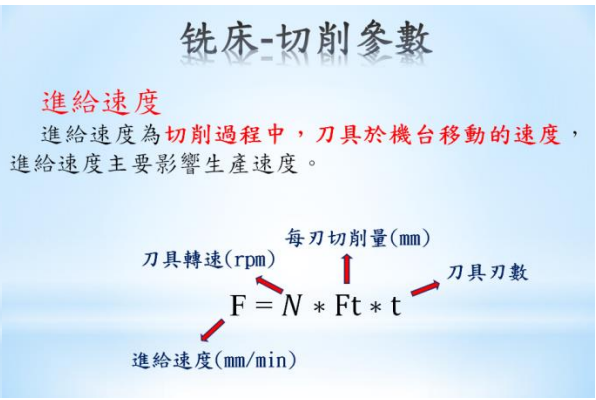


圖 3-16 進給速度計算

課堂後半部分為簡易的 G、M code 講解與實際練習。在對 G、M code 路徑程式碼進行簡單的介紹與示範後，讓學生對指定圖形寫出指定的 G code 路徑，如下圖 4 與 5 為同一練習圖形，並於完成練習後，自行設計圖案並轉為 G code 路徑用於下堂課實際上機作圖。

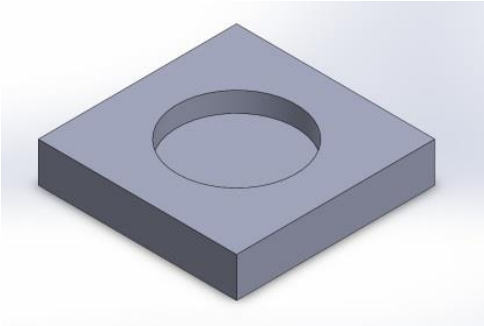


圖 3-17 課程練習 CAD 圖

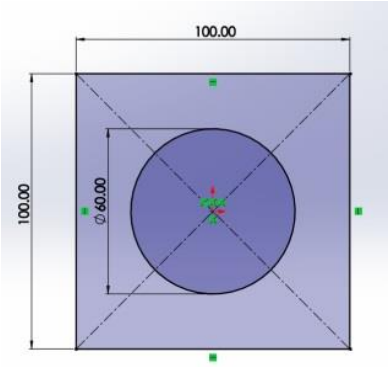


圖 3-18 課程練習俯視圖

G00：快速定位	G40：刀鼻半徑補正取消
G01：直線插位(切削進給)	G41：刀鼻半徑偏左補正
G02：圓弧插位(順時針)	G42：刀鼻半徑偏右補正
G03：圓弧插位(逆時針)	G43 ：刀具長度補正
G04：暫停	G90：絕對座標
G20：英制資料輸入	G91：相對座標
G21：公制資料輸入	
G27：原點復歸檢查	
G28：原點復歸	

圖 3-19 常用 G code

M00：程式停止
M01：選擇性程式停止
M02：程式結束
M03：主軸正轉CW
M04：主軸反轉CCW
M05：主軸停止
M08：冷卻液開啟 ON
M09：冷卻液關閉 OFF
M30：程式結束,記憶還原
M98：呼叫副程式
M99：副程式結束

圖 3-20 常用 M code

課程時遇到之問題:

1. 課程前半段介紹刀具與工具的部分多花了不少時間，但對於機械而言，刀具與工具的介紹又是基礎中的基礎，需再思考如何在條件限制的情況下，更清楚的讓學生了解各刀具與工具的正確使用方法。
2. 學生對於不是自己的與不熟悉的工具較不敢<獨自>使用，當助教(我)不在旁邊時，就會不敢去做練習與使用。
3. 對於 G、M code 練習部分比原先預期的時間還要花了不少時間，學生對於 G code 這類較為抽象的概念較不熟悉，因此提出了不少疑問，雖然提出問題很好，但對於這類抽象的解答需花較多時間去講解，因而解答時間大於學生練習時間，這樣略顯尷尬。

課後思考解決方案:

1. 機台、刀具與工具的介紹應再篩選一輪，盡量以學生之後較易於實驗室內接觸到的做重點介紹為主，並將更多的時間用來實際操作示範與設計操作練習給學生實際動手，讓學生在課堂上安全且安心的操作機台與練習工具，避免再讓學生心理層面影響到他們的實作練習機會。
2. 可以將簡單但較為抽象的課程再做更為詳細一點的講解，對於剛接觸 G、M code 的學生而言，他們在腦海中對於刀具路徑的模擬較不是那麼熟悉，可再多花點時間講解與解答，並預留多一點時間讓他們練習。

圖 3-21 課程實作練習

3-4 量具使用

本週課程為機械基礎相關課程，從單位講法習慣作為開頭，依序介紹各種量具規格與其各自的正確使用方法，增加學生對往後課程所能應用到的量具使用，減少對於精密量測工具的陌生感。此外利用全國技術士技能檢定銑床丙級術科題目作為工作圖範例，介紹工作圖相關細節，並利用生活中簡易的物品與銑床術科加工件搭配學習單讓學生練習量具的使用。

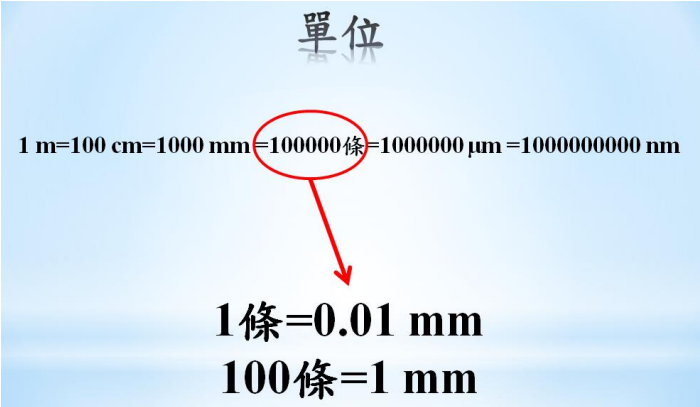


圖 3-22 機械常用單位

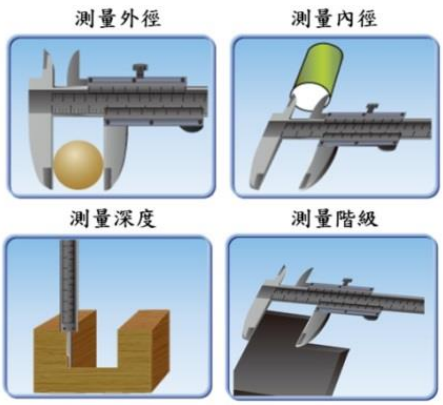


圖 3-23 游標卡尺應用

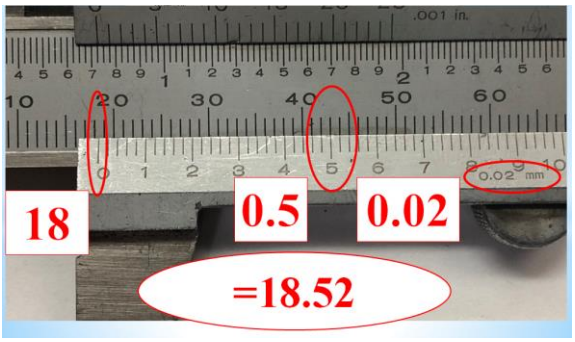


圖 3-24 游標卡尺讀取

圖 3-25 量表種類

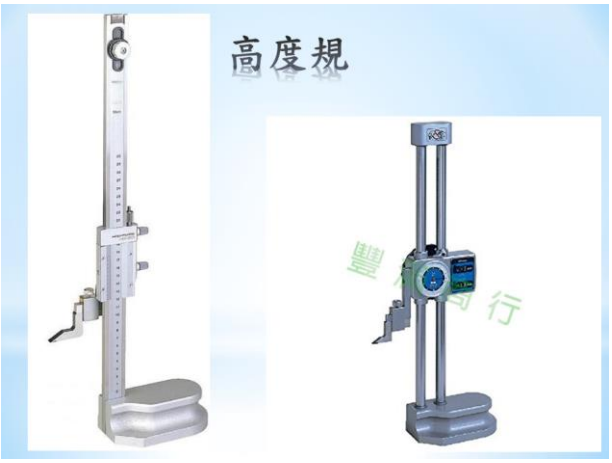


圖 3-26 高度規種類

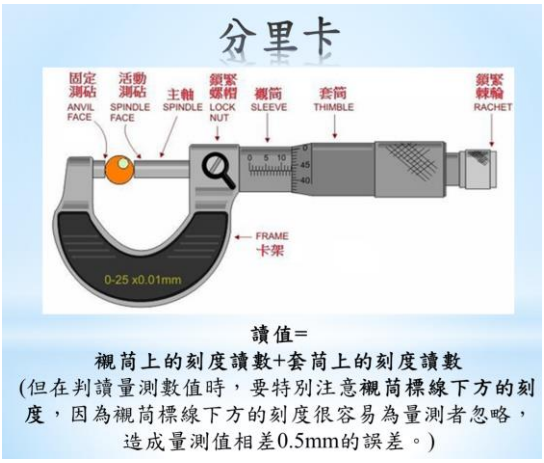


圖 3-27 分里卡讀取

課程時遇到之問題:

學習互動的部分，學生對於自己過去沒見過或是沒使用過的東西必然是有極大的興趣...但美中不足的就是，對於新手接觸新事物會有幾種不同的情況發生:

1 因為知道量具的不便宜，而使用的過度小心，造成操作方式的不正確。

2 因為上述第一點的使用方式不正確造成，對量具的不良影響。(與第一點本末倒置)

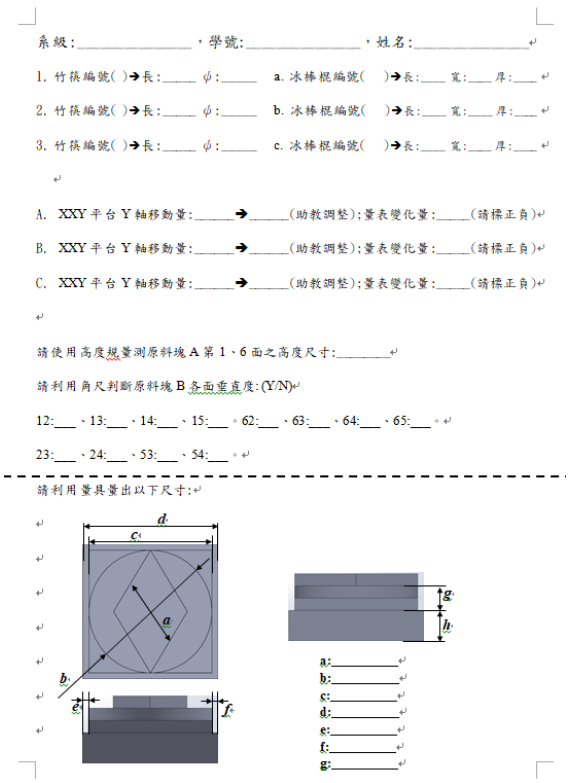
3　因為不敢使用精度較高價格較而貴的量具，而選擇較便宜精度較低的量具做使用，錯失許多練習機會。

此外，因為科技的進步，許多量具都有所謂的「電子式」，學生也會因為方便的因素而大多使用電子式練習，礙於因量具數量不足而輪流分組使用不同的量具的關係，較無法一直在每一位學生附近監督與指導練習，只能以宣導的方式勸說學生多練習一般式的量具。

課後思考解決方案:

1　課程人數的部分須等學校課程加退選結束後方可解決，約第二周上課後。

2　量具使用與練習則可以利用之後每週授課時間進行隨堂練習抽查，畢竟量具為生活中隨時皆會使用到的工具，因此利用隨機抽查可作為練習也可作簡單的評分，更讓學生可以隨時想起有學過新的量具並應用在生活中。


系級:_____，學號:_____，姓名:_____

1. 竹筷編號( )➔長:____ ϕ:____　a. 冰棒棍編號(　)➔長:____ 寬:____ 厚:____

2. 竹筷編號( )➔長:____ ϕ:____　b. 冰棒棍編號(　)➔長:____ 寬:____ 厚:____

3. 竹筷編號( )➔長:____ ϕ:____　c. 冰棒棍編號(　)➔長:____ 寬:____ 厚:____

A. XXY 平台 Y 軸移動量:_____➔_____(助教調整);量表變化量:_____(請標正負)

B. XXY 平台 Y 軸移動量:_____➔_____(助教調整);量表變化量:_____(請標正負)

C. XXY 平台 Y 軸移動量:_____➔_____(助教調整);量表變化量:_____(請標正負)

請使用高度規量測原料塊 A 第 1、6 面之高度尺寸:_____

請利用角尺判斷原料塊 B 各面垂直度:(Y/N)

12:___、13:___、14:___、15:___。62:___、63:___、64:___、65:___。

23:___、24:___、53:___、54:___。

請利用量具量出以下尺寸:

a:_____
b:_____
c:_____
d:_____
e:_____
f:_____
g:_____

圖 3-28 課程學習單(1)

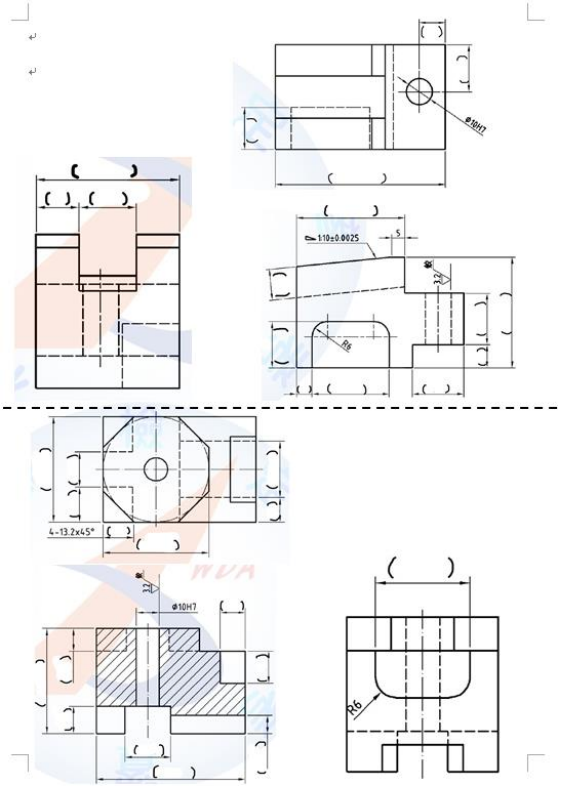


圖 3-29 課程學習單(2)

3-5 麥克風跟加速規學習

本週的課程為感測器的使用，目的使學生在實驗課程上能夠合理的使用設備。並且教導

學生如何使用頻譜分析儀。

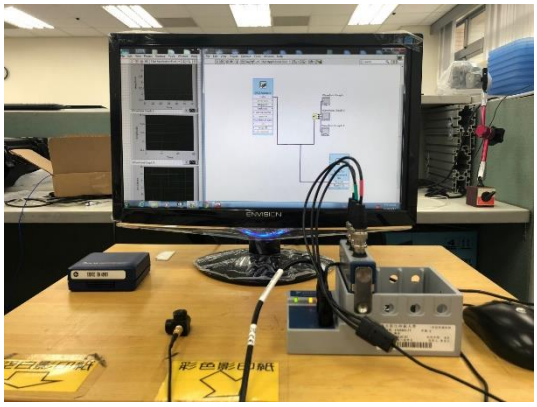


圖 3-30 加速規使用介面

圖 3-31 頻譜分析儀使用(以麥克風為例)

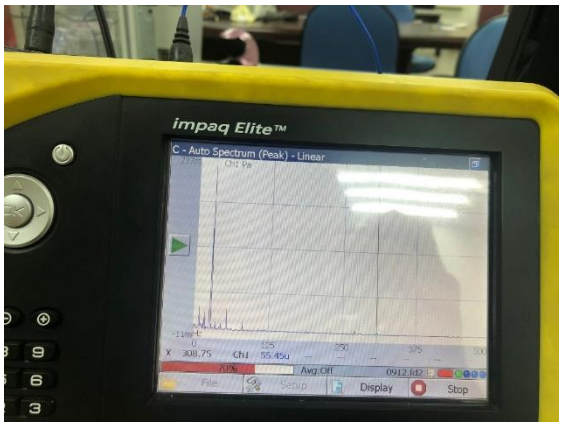


圖 3-32 頻譜分析儀訊號觀察

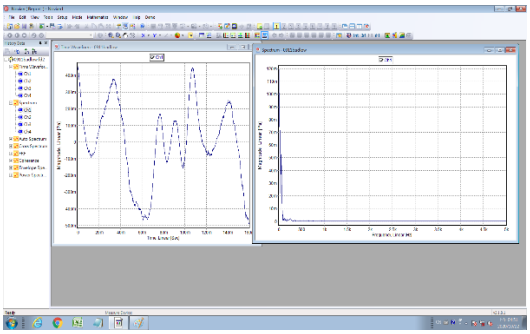


圖 3-33 訊號擷取電腦分析

課程時遇到之問題:

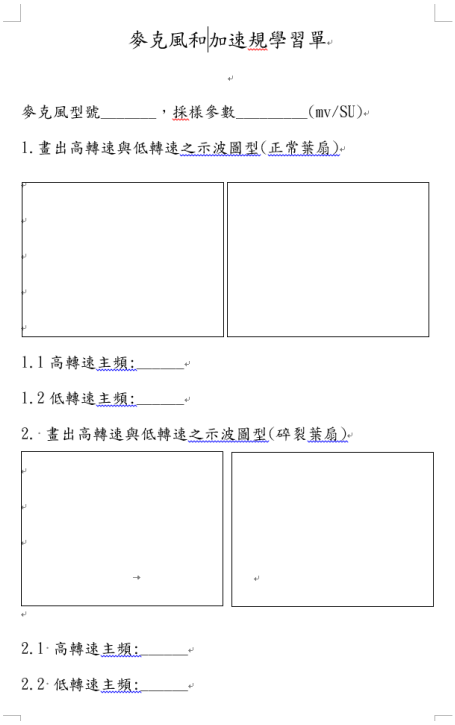
1. 學生對於使用頻譜分析儀尚且不那麼熟悉，由於時間和人數的關係，每個組別所能使用的時間不足以讓每位學生都實際操作，僅能由部分學生操作，並讓其他學生在旁紀錄並且學習。
2. 學生執行的實驗會有與我們先行執行的實驗結果有所誤差，突發狀況接踵不斷。
3. 學生對於使用設備獲取數據所看出的結果表示不理解，詢問為何要使用這些設備、實驗。

課後思考解決方案:

1. 學生可以利用課餘時間或中午休息時間來實驗室做練習且操作，或過了放學時間後，可以來實驗室做練習之動作。

2. 直接處理學生突發狀況，並排除讓學生可以繼續實驗。持續做實驗並重複驗證結果，並告訴學生重複驗證之結果。

3. 在課程上直接告訴學生他們所不能理解的內容，並且告訴學生，我們設計一簡易實驗目的，是為了讓學生能夠學習如何快速上手實驗室內的儀器設備，得以執行數據收集，畢竟數據收集是數據分析之重要的第一步驟。


麥克風和加速規學習單

麥克風型號_____，採樣參數_____(mv/SU)

1.畫出高轉速與低轉速之示波圖型(正常葉扇)

1.1 高轉速主頻:_____

1.2 低轉速主頻:_____

2.畫出高轉速與低轉速之示波圖型(碎裂葉扇)

2.1 高轉速主頻:_____

2.2 低轉速主頻:_____

圖 3-34 課程學習單

4.課程照片與學生成果

圖 4-1 鑽床操作教學

圖 4-2 攻牙教學

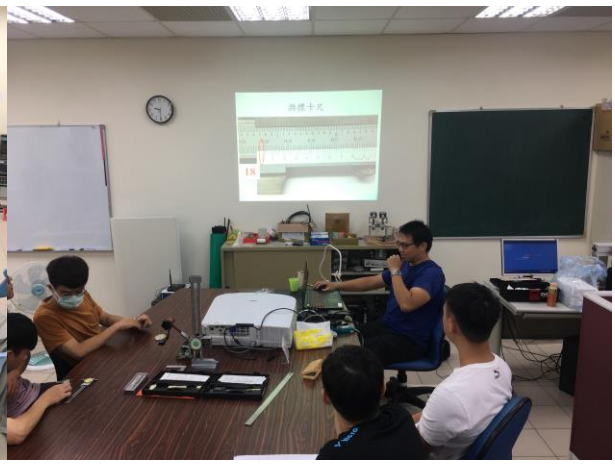


圖 4-3 學生實際操作量具　　圖 4-4 量具課程教學

圖 4-6 學生獨立操作風扇葉片振動實驗(以麥克風為感測器)

圖 4-7 學生執行 CNC 加工，以 Master Cam 繪圖。

圖 4-8 學生專題研究討論(球體偵測)

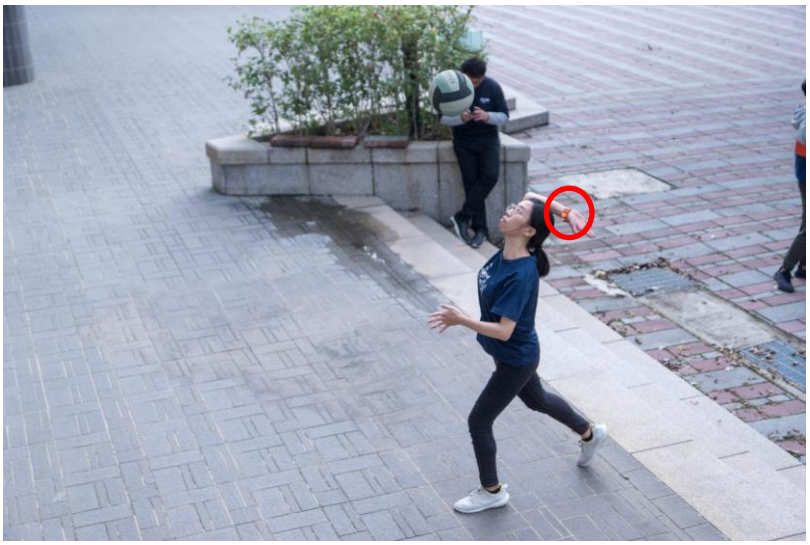


圖 4-9 學生專題研究資料收集(排球運動振動訊號偵測，紅圈為感測器)

圖 4-10 學生 CNC 加工成品