

靜 宜 大 學

專 題 系 統 文 件 規 格 書

巨型 3D 列印機

學 生：

資管四 A	410515807	曾禹宸
資管四 A	410503761	林佩萱
資管四 A	410521387	王昱淇
資工四 A	410516316	吳明曄

指導教授：林浩仁 教授

中 華 民 國 一 〇 八 年 十 二 月

書 背 格 式

靜宜大學

資訊工程學系

巨型 3
D 列印機

民國一〇八年十二月

學生：曾禹宸
林佩萱
王昱淇
吳明暉

指導教授：林浩仁

摘 要

近年來，越來越多人開始接觸 3D 列印，在各行各業中已有許多應用的實例。3D 列印技術的進步、普及與價格的下降，使其更有機會應用在工程建築、航太類、珠寶鞋類、生物醫療等產業的前景看好，更有人認為它會引發下一波工業革命。

因為隨著 3D 列印技術爆發性的增長，越來越多的人開始熱衷於 3D 列印。不管是小巧玲瓏的模型，還是規模宏偉的藝術品，又或是精緻酷炫的跑車，3D 列印已經從工業、農業、汽車製造業、建築業……等方面改變了人們的生活。

在國內，大尺寸機台的使用並不普遍，希望透過製作大尺寸的機台，才列印更多大型裝置，並且加入其他功能讓機台更為實用，例如：遠端監控、無線傳輸，這樣就不需要人在機台旁邊才能使用機台。製作此專題的目的是不用讓大型物品分割成多數零件列印而造成誤差，也可以列印大型裝置或校園裝置藝術……等等，甚至讓大尺寸機台有商業收入的可能。

誌 謝

這屆畢業專題的完成，首先要先感謝我們的指導老師 林浩仁 老師，在這一年內對我們的細心教導，從最初無法抓住重點的投影片與報告，經過無數次的修改投影片，老師總是很有耐心的包容我們的錯誤，並用心的指導更正與提供寶貴的意見，到最後令老師點頭滿意此畢業專題的成果。

再來，要感謝的是 PU MELON 靜宜大學創客教育學習組織的 林煜偉 老師與 林心悅 助理，從最開始的策畫，一直到 3D 繪圖給予我們實用的建議，讓組員們進步如飛，還有，提供此專題的硬體材料與組裝指導，加上程式碼的詳細解說，讓我們做出與以往不同且如此龐大的專題作品。

最後，要感謝的是 504 實驗室的洪丞賢 學弟，當製作專題遇到難關時，他協助我們解決許多的難題，並提出有力的建議或看法，也常常主動關心我們是否遇到困難，讓大家順利向前邁進。

沒有上面這些人的幫助，就沒有今天我們畢業專題的成果。製作此畢業專題讓我們學習到口語表達、時間管理、互助合作與解決問題的能力，令大家受益良多。再次體會到老師的偉大。

將這畢業專題獻給最關心我們的老師、家人及朋友，願你們一起與我們分享這份喜悅與榮耀。

目錄

中文摘要	.....	i
誌謝	.....	iv
目錄	.....	v
表目錄	.....	vi
圖目錄	.....	vii
第一章、	緒論.....	1
第二章、	專題內容與進行方法.....	2
2.1	動機與目的.....	2
2.2	專題相關現有系統回顧與優缺點分析.....	2
2.3	專題進度規劃與進行方法說明.....	3
第三章、	專題流程與架構.....	4
3.1	使用案例圖.....	5
3.2	系統架構圖.....	6
3.3	系統 UML 圖.....	7
3.4	資料庫 ER Model 圖.....	7
第四章、	專題成果介紹.....	8
4.1	軟體硬體設備資訊.....	8
4.2	帳號管理資訊.....	9
4.3	系統畫面(截圖).....	9
第五章、	專題學習歷程介紹.....	14
5.1	專題相關軟體學習介紹.....	14
5.2	專題製作過程遭遇的問題與解決方法.....	15
第六章、	結論與未來展望.....	26
參考文獻	.....	27

表目錄

表一 OctoPrint 與 AstroPrint 優缺點分析·····	2
表二 硬體設備規格·····	8

圖目錄

圖 1	專題進度甘特圖.....	3
圖 2	專題流程與架構.....	4
圖 3	使用案例圖.....	5
圖 4	系統架構圖.....	6
圖 5	系統 UML 圖.....	7
圖 6	ER Model 圖.....	7
圖 7	系統主畫面.....	9
圖 8	無限傳輸畫面.....	9
圖 9	列印畫面.....	10
圖 10	列印狀態畫面.....	10
圖 11	溫度畫面.....	11
圖 12	監控畫面.....	11
圖 13	路徑顯示畫面.....	12
圖 14	終端機畫面.....	12
圖 15	縮時攝影畫面.....	13
圖 16	3D 繪圖.....	15
圖 17	列印底板.....	16
圖 18	金屬雷切加工件.....	16
圖 19	支撐底板.....	17
圖 20	鋁擠型.....	17
圖 21	3D 列印皮帶固定件.....	18
圖 22	第一次校正測試.....	18
圖 23	第二次校正測試.....	19
圖 24	第三次校正測試.....	19
圖 25	第三次校正測試.....	20
圖 26	巨型貓咪(尺為 30 公分)	21
圖 27	迷你機器人.....	22
圖 28	第四次校正列印.....	23
圖 29	第四次校正列印.....	24
圖 30	第四次校正列印長度.....	24
圖 31	列印物件與一般機台比較.....	25

第一章 緒論

我們對於巨型 3D 列印這個專題做進一步的創新與整合，一開始從網路新聞得知但卻完全沒有接觸過，到現在我們學會組裝與維護機台、列印操控、3D 繪圖、雷射切割與功能結合，最後，我們將所學的技術結合而創造出一台屬於我們的巨型 3D 列印機。

在國內，市面上大尺寸機台並不普及，希望製作大尺寸的機台，並增加新功能讓機台更為實用，例如：溫度感測、遠端監控、無線傳輸，這樣就不需要人在機台旁邊才能使用機台。製作此專題的目的是不讓大型物品分割成多數零件列印而造成誤差，也可以列印大型裝置或校園裝置藝術……等等，甚至讓大尺寸機台有商業收入的可能。

希望靜宜大學資訊學院未來的學弟妹能夠把我們的專題延續下去，並創新改良出一台更不一樣的 3D 列印機。

第二章 專題內容與進行方法

2.1 動機與目的

常見的機台列印範圍較小，因此製作大型機台有以下優點：

- (1) 減少零件誤差
- (2) 減少材料的浪費
- (3) 產能提升
- (4) 提高結構堅固度
- (5) 減少時間的浪費

2.2 專題相關現有系統回顧與優缺點分析

OctoPrint 與 AstroPrint 比較：

表一 OctoPrint 與 AstroPrint 優缺點分析

	OctoPrint	AstroPrint
是否需要付費？	X	0
是否需要自行開發？	0	X
遠端傳輸	0	0
攝影機監控	0	0
溫溼度監視	0	X
耗材重量監測	0	X
斷料監測	0	X

2.3 專題進度規劃與進行方法

我們將製作一個巨型的 3D 列印機，機台裡包含了 Raspberry Pi 、 Arduino、步徑馬達、觸控面板，透過這個 3D 列印機，來展示大範圍列印與遠端監控等。

下圖為專題進度甘特圖，深色為已完成，淺色為正在研究中。

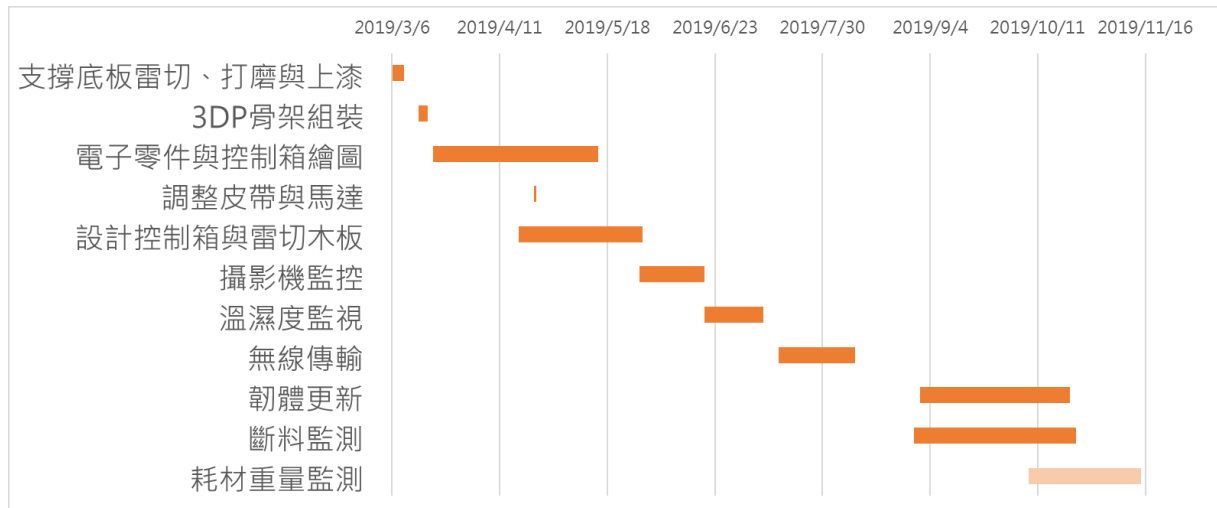


圖 1 專題進度甘特圖

第三章 專題流程與架構

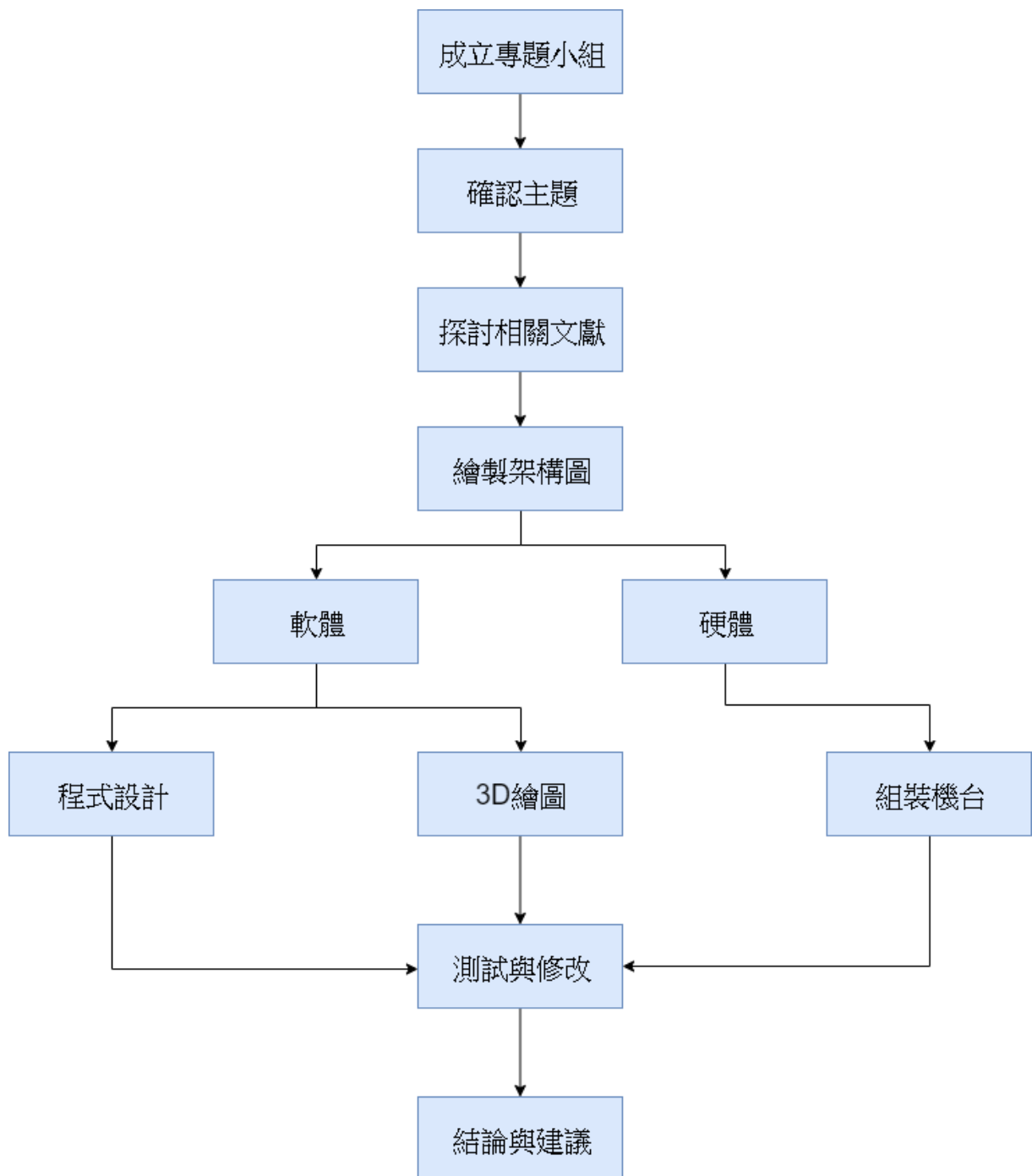


圖 2 專題流程與架構

3.1 使用案例圖

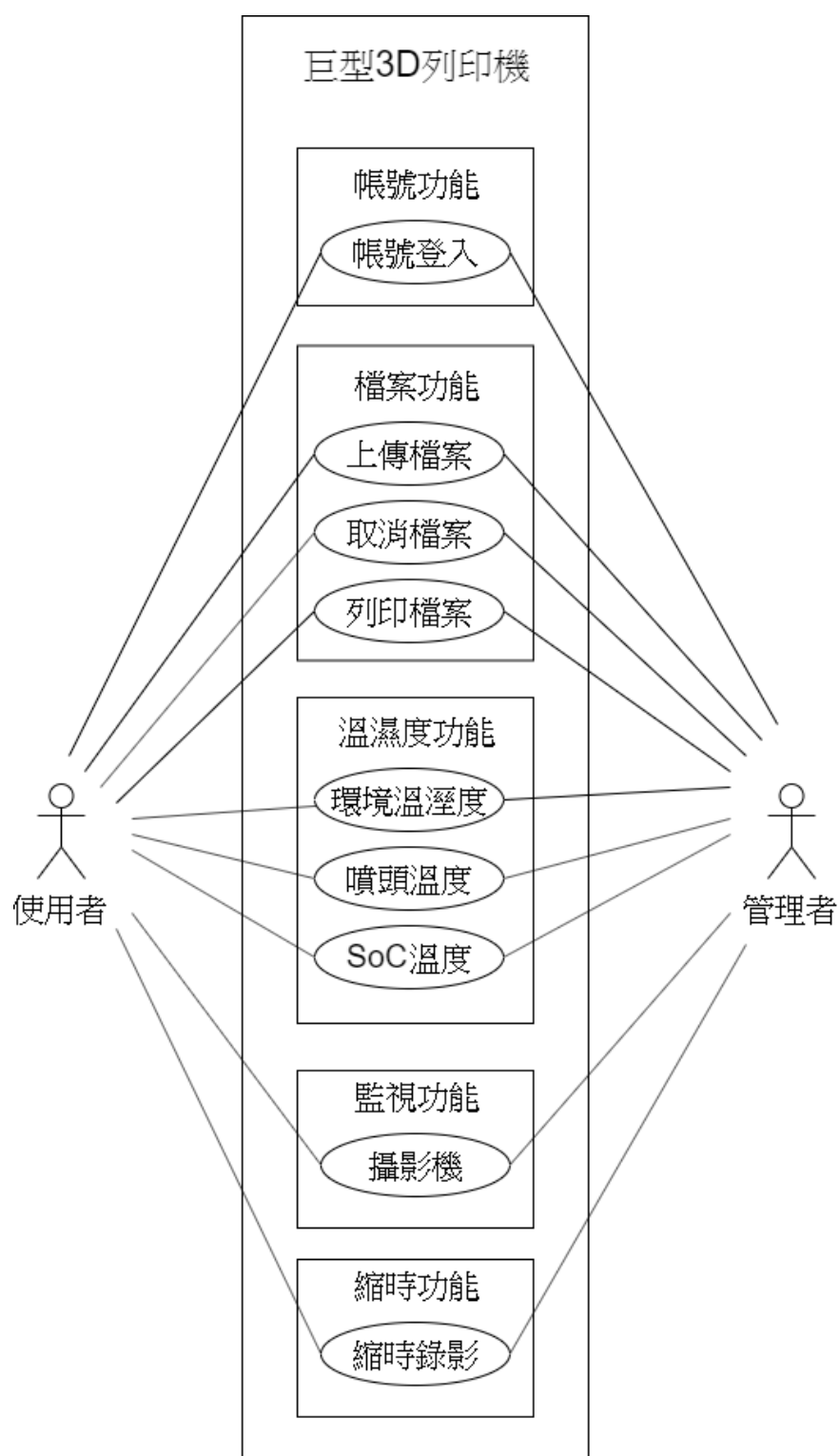


圖 3 使用案例圖

3.2 系統架構圖

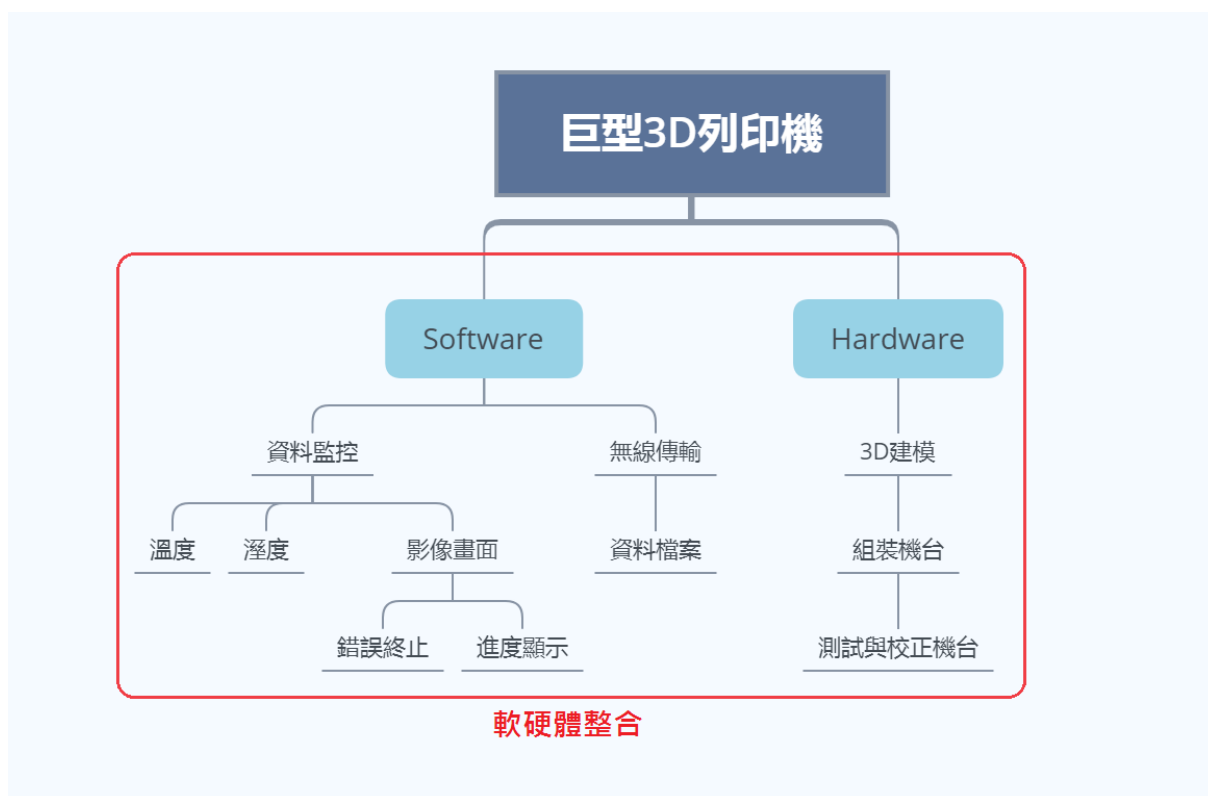


圖 4 系統架構圖

3.3 系統 UML 圖

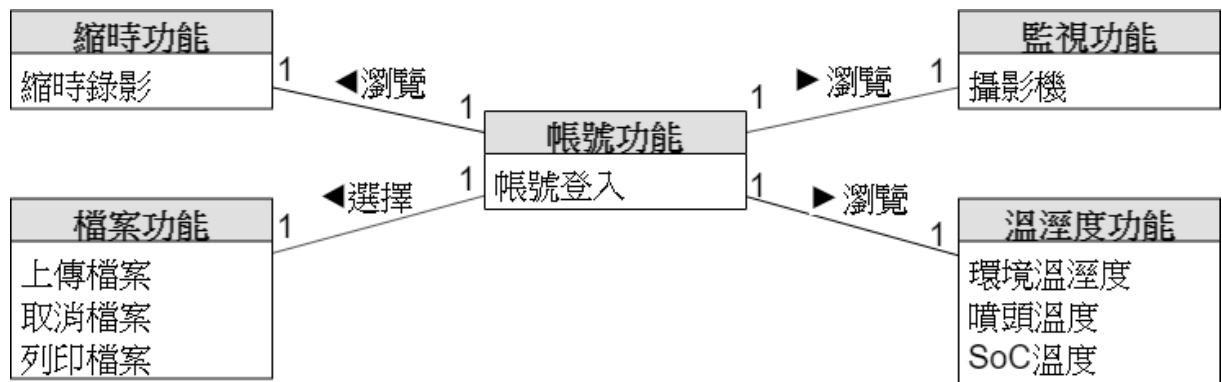


圖 5 系統 UML 圖

3.4 ER Model 圖

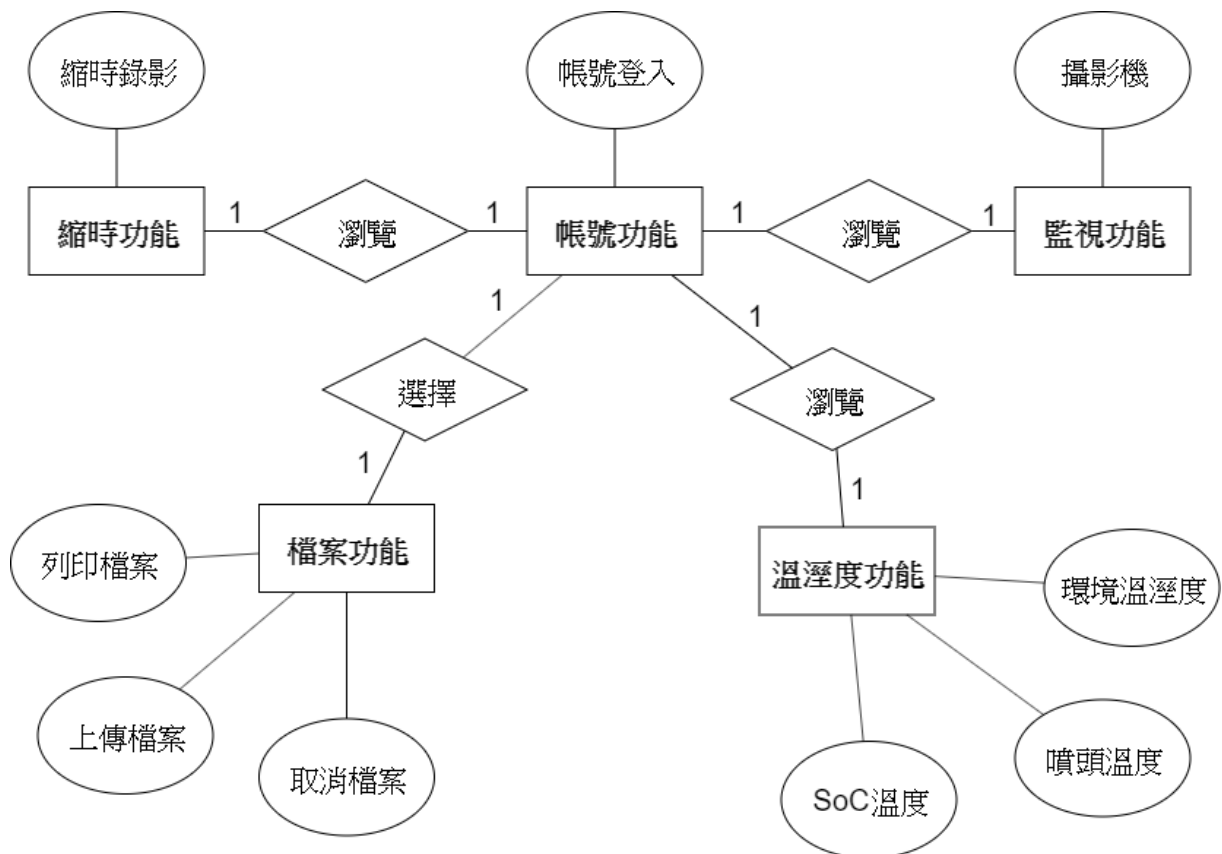


圖 6 ER Model 圖

第四章 專題成果介紹

4.1 軟體硬體設備資訊

軟體：

- OctoPrint
- Sublime Text 3
- Arduino IDE
- Pronterface
- VNC Viewer
- Win32 Disk Imager
- Ubuntu Mate
- SketchUp 2018
- Ultimaker Cura
- RDWorksV8

硬體：

表二 硬體設備規格

機型	Delta	噴頭孔徑	0.4mm
列印方式	熱熔堆疊	選用馬達	步進馬達
機台尺寸	L1200 x D1200 x H2400 mm	控制板	Arduino Mega 2560 Raspberry Pi 3
列印尺寸	Φ700 x H1100 mm	韌體原始碼	Marlin
機台重量	100 KG	顯示板	2004LCD
耗材	PLA	公差範圍	0.2mm

4.2 帳號管理資訊

至 OctoPrint 註冊帳號並登入

4.3 系統畫面(截圖)

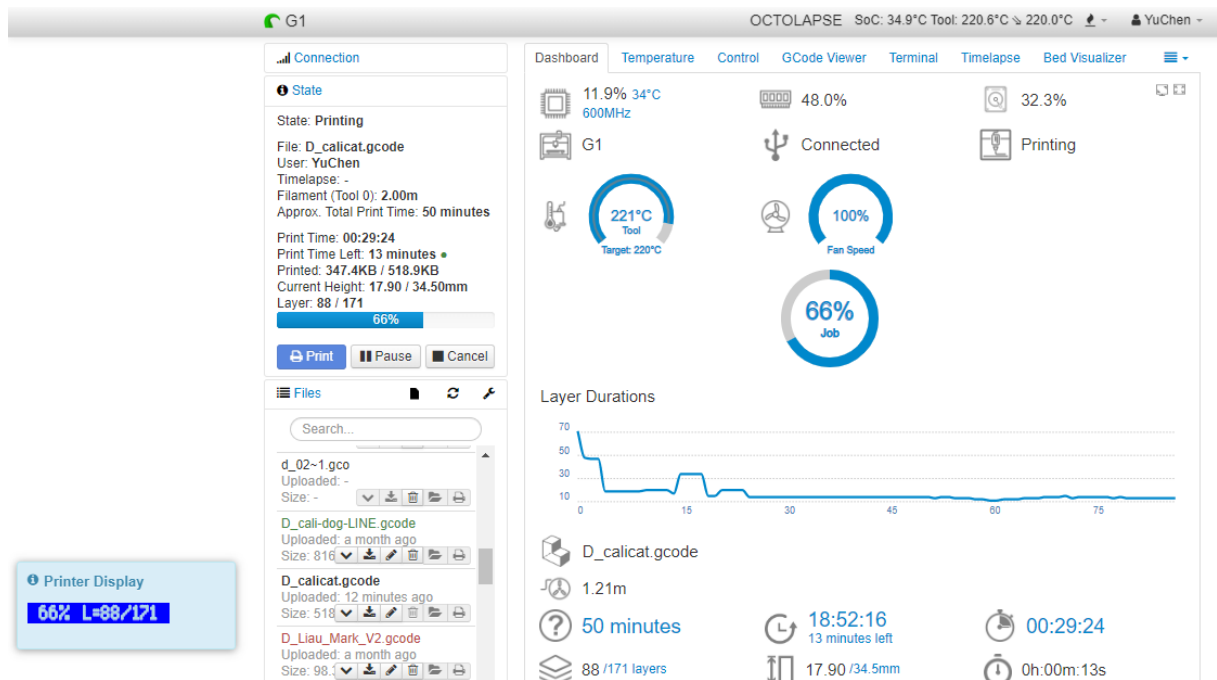


圖 7 系統主畫面

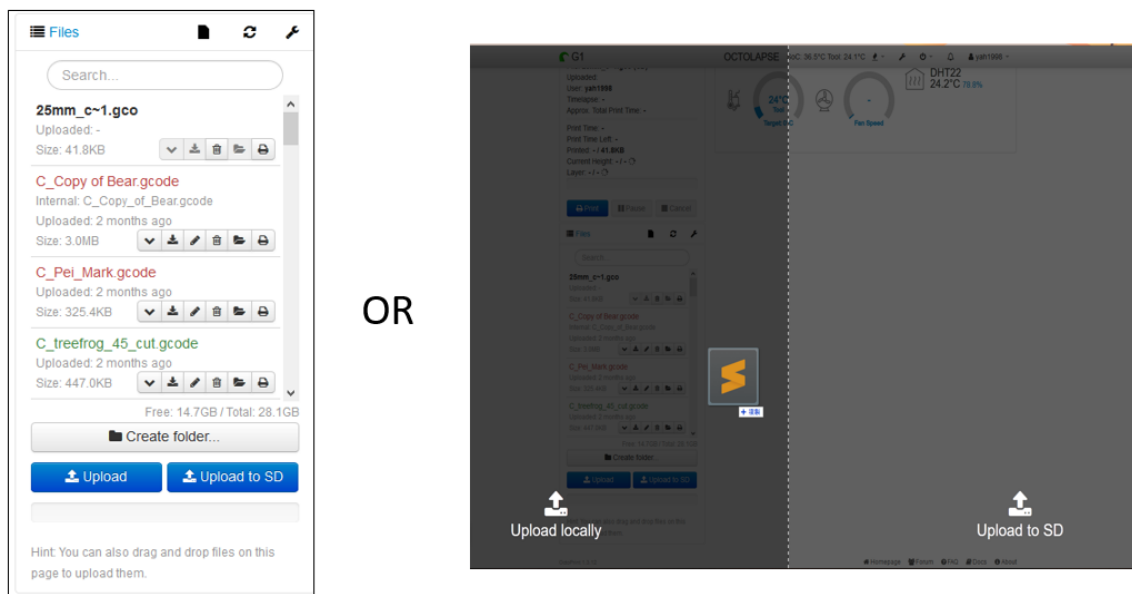


圖 8 無限傳輸畫面

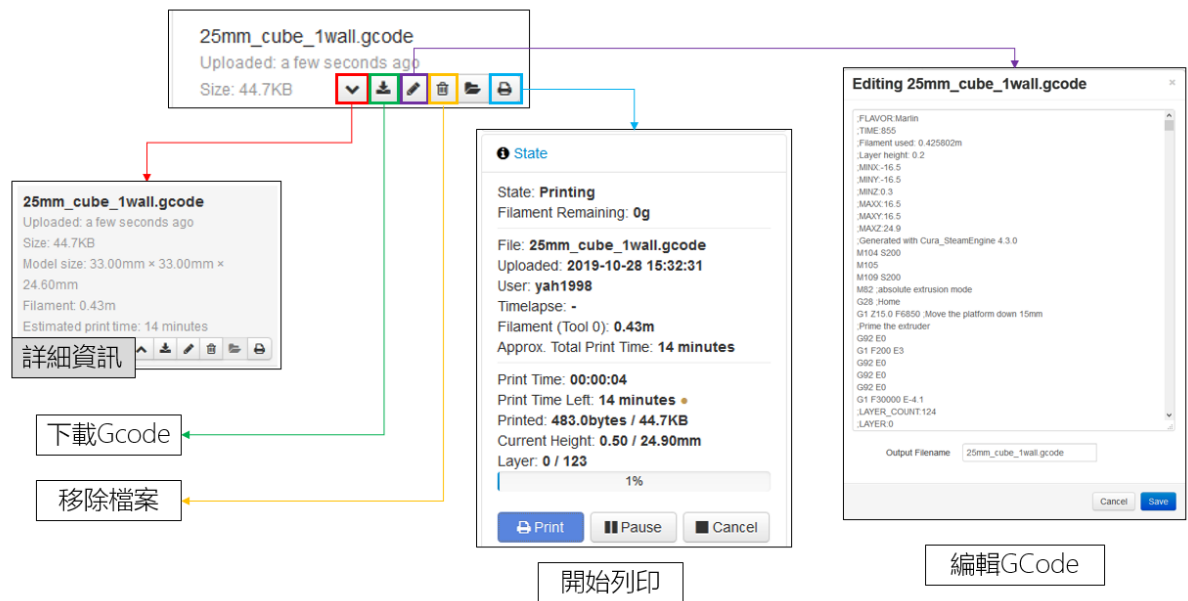


圖 9 列印畫面

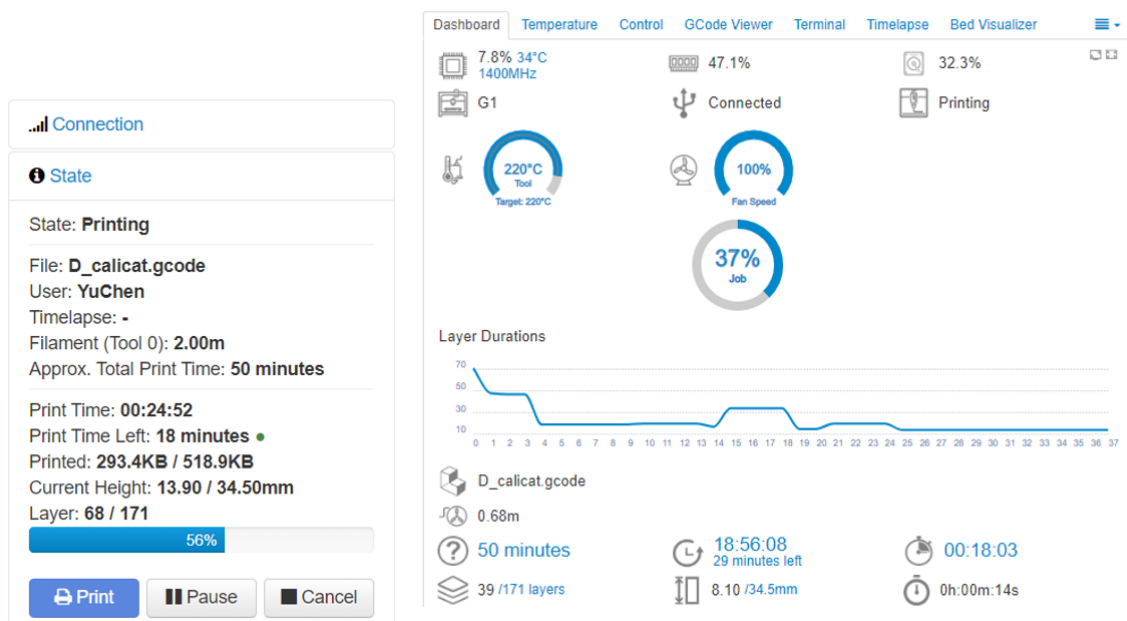


圖 10 列印狀態畫面

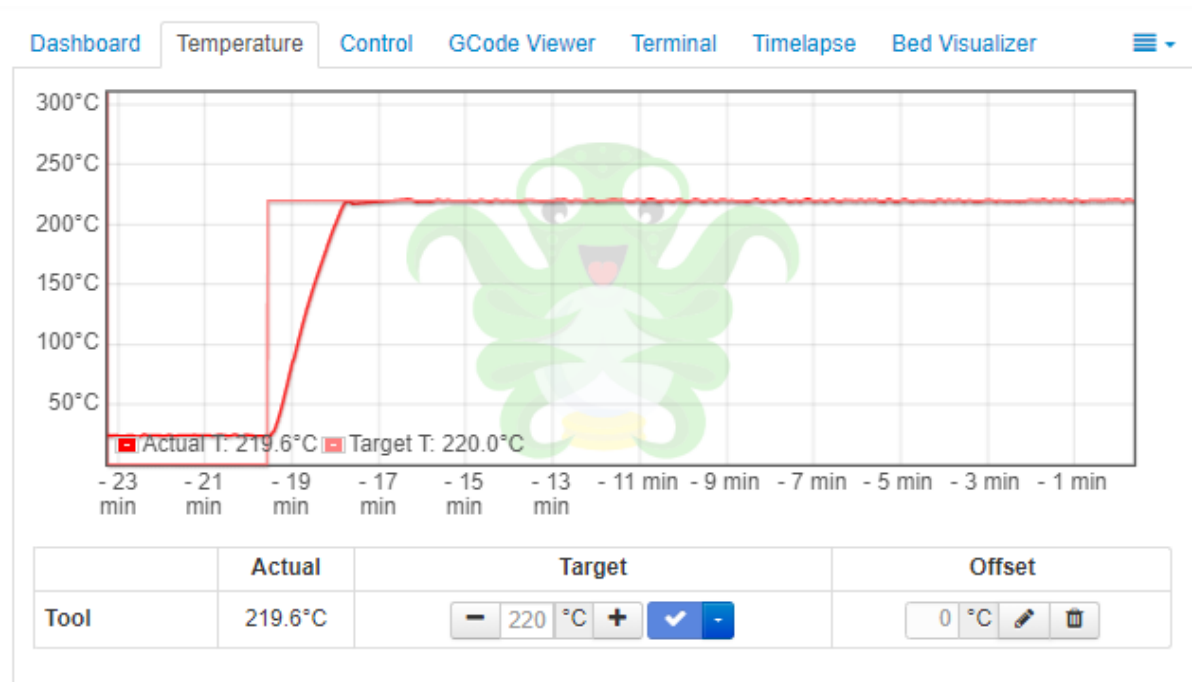


圖 11 溫度畫面

State: **Operational**
 Filament Remaining: 0g
 File: **C_Copy of Bear.gcode**
 Uploaded: 2019-08-22 17:42:36
 User: yah1998
 Timelapse: -
 Filament (Tool 0): 6.45m
 Approx. Total Print Time: 3 hours
 Print Time: -
 Print Time Left: -
 Printed: - / 3.0MB
 Current Height: 0.00 / 44.90mm
 Layer: - / -

Files

- 25mm_cube_1wall.gcode
 Uploaded: 35 minutes ago
 Size: 44.7KB
- C_Copy of Bear.gcode**
 Internal: C_Copy_of_Bear.gcode
 Uploaded: 2 months ago
 Size: 3.0MB
- C_Pei_Mark.gcode
 Uploaded: 2 months ago
 Size: 325.4KB
- C_treefrog_45_cut.gcode
 Uploaded: 2 months ago
 Size: 447.0KB

Free: 14.7GB / Total: 28.1GB

Control

X/Y Z Tool (E) General Webcams

↑ ↑ Select Tool... Motors off Webcam 1
 ← → 5 mm Fan on Webcam 2
 ↓ ↓ Extrude Fan off
 0.1 1 10 100 Retract

圖 12 監控畫面

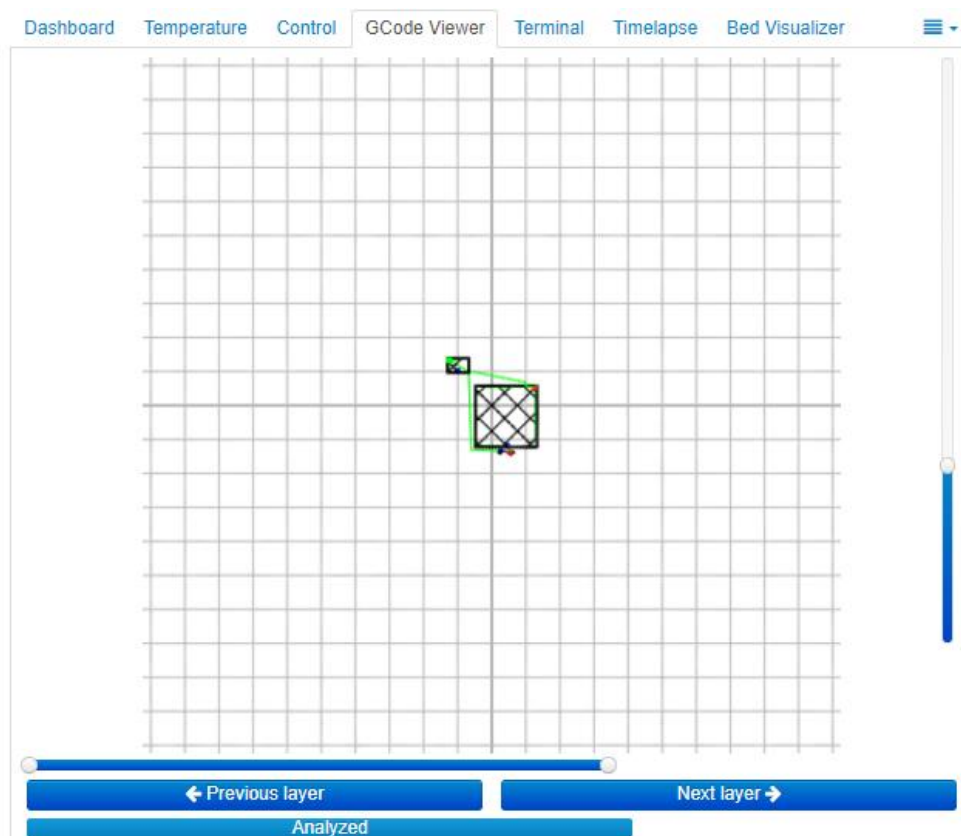


圖 13 路徑顯示畫面

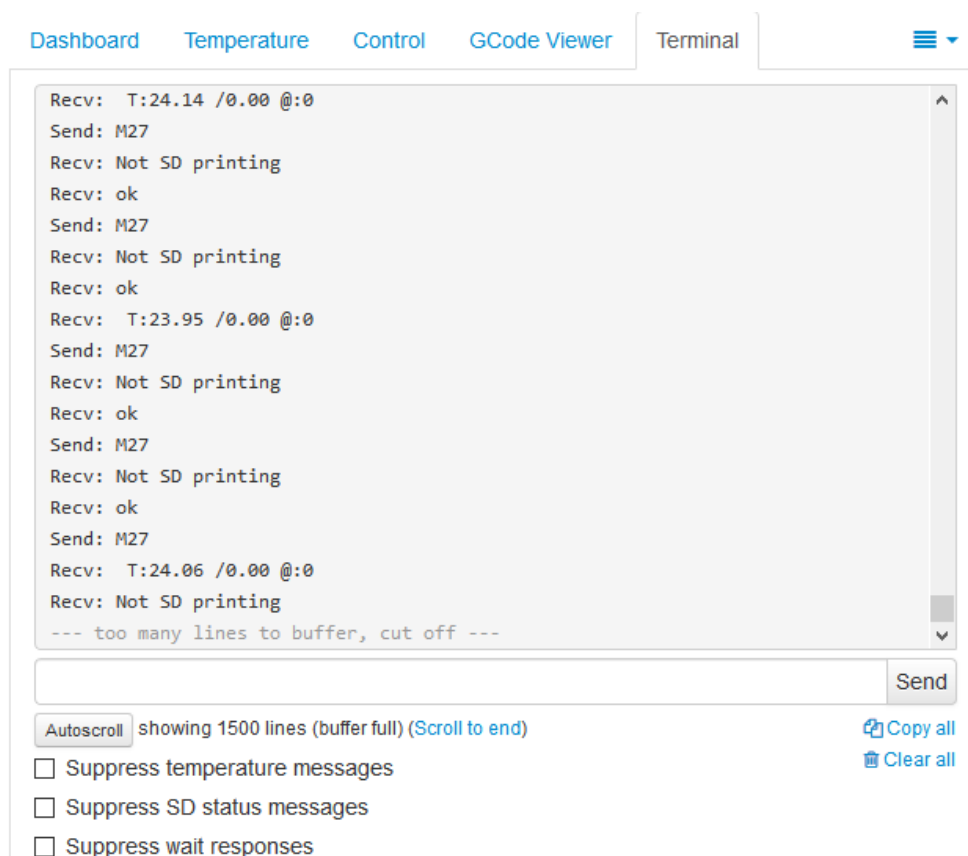


圖 14 終端機畫面

Connection

State

State: **Operational**
Filament Remaining: **0g**
File: **C_Copy of Bear.gcode**
Uploaded: **2019-08-22 17:42:36**
User: **yah1998**
Timelapse: -
Filament (Tool 0): **6.45m**
Approx. Total Print Time: **3 hours**
Print Time: -
Print Time Left: -
Printed: - / **3.0MB**
Current Height: **0.00 / 44.90mm**
Layer: - / -

Print

Pause

Cancel

Files

Search...

D_calicat.gcode

Uploaded: 6 days ago
Size: 518.9KB

D_Liau_Mark_V2.gcode

Uploaded: a month ago
Size: 98.3KB

D_Sandy_Mark_V2.gcode

Uploaded: a month ago
Size: 215.4KB

D_table.gcode

Uploaded: 2 months ago
Size: 1.3MB

D_table_V2.gcode

Free: 14.7GB / Total: 28.1GB

Create folder...

OCTOLAPSE

SoC: 37.0°C Tool: 24.1°C

yah1998

Dashboard

Temperature

Control

GCode Viewer

Terminal

Timelapse Configuration

Timelapse Mode

Off

Timelapse frame rate

25

fps

Timelapse post roll

0

sec

OctoPrint will use the final picture to add this many seconds to the end of your rendered timelapse.

☐ Save as default

Check this to make your selected timelapse mode and options persist across restarts.

Save changes

Reset to active configuration

Finished Timelapses

☐
Delete selected

Name

Size

Action

☐ C_Copy_of_Bear_20190822174236.mpg

4.5MB

☐ C_Pei_Mark_20190820165411.mpg

638.0KB

☐ C_Pei_Mark_20190820165629.mpg

322.0KB

☐ C_Xian_Mark_V2_20190917111230.mp4

898.5KB

☐ C_Yah_Mark(2)_20190816144057.mpg

42.0KB

☐ C_Yah_Mark(2)_20190816144340.mpg

832.0KB

☐ C_Yah_Mark(3)_20190816152938.mpg

2.5MB

☐ D_cali-dog-LINE_20190917192630.mp4

10.0MB

☐ D_Liau_Mark_V2_20190918180349.mp4

2.5MB

圖 15 縮時攝影畫面

13

第五章 專題學習歷程介紹

5.1 專題相關軟體學習介紹

- OctoPrint：是一個開源 3D 列印機控制器應用程式。
- Sublime Text 3：是一套跨平台的文字編輯器，支援基於 Python 的外掛程式。Sublime Text 是專有軟體，可透過套件擴充功能。大多數的套件使用自由軟體授權釋出，並由社群建置維護。
- Arduino IDE：Arduino 集成開發環境是一個用 Java 語言編寫的跨平台應用程式，也支援 C 和 C++ 語言。。
- Pronterface：是一個 3D 列印機控制應用程式。
- VNC Viewer：是連線遠端桌面控制應用程式，透過 LAN 網路介面。
- Win32 Disk Imager：是一款免費開放原始碼的卸除式磁碟映像檔製作及寫入工具。
- Ubuntu Mate：是 Ubuntu 的一個官方衍生版，它基於桌面環境 MATE。其所使用的 MATE 桌面環境由已經停止官方維護的 GNOME 2 原始碼衍生而來。
- SketchUp：是一套面向建築師、都市計畫專家、製片人、遊戲開發者以及相關專業人員的 3D 建模程式。
- Ultimaker Cura：是一個開源 3D 列印機切片應用程式。
- RDWorksV8：是一個雷射切割機應用程式。

☆ 軟體學習歷程：繪圖方面，從剛開始對這些軟體完全不懂、打開介面完全不會，再到對一個個小工具研究摸索，且可以對圖檔進行微調，最終熟練畫出各種零件，並成功圖檔切片、3D 列印與雷射切割。

程式碼方面，由於一開始對軟體程式碼不熟悉，在遇到困難時，透過網路搜尋相關資訊，從中學習並且不斷自我摸索才慢慢使錯誤不再發生。因為機台尺寸較大，所以可以參考的書籍、文獻也略為稀少，因此我們與業師討論並一起解決問題。

5.2 專題製作過程遭遇的問題與解決方法

此專題是由參考國外的 RepRap.org 平台作為主要平台，對於製作巨型機台是一大挑戰，因為是一項國內稀少的技術，所以硬體的組裝與程式的編寫是我們必須克服的難題，將參考一些 Open Source 來完成我們的專題。

(一)收集資料及整理文獻：由於在網路上的資料稀少，需要藉由兩位老師指導來解決不足之處。

(二)組裝 3D 列印機：尺寸與一般機台相比之下放大了好幾倍，3D 繪圖的正確度、載重量、高度……等，都是需要注意的地方。

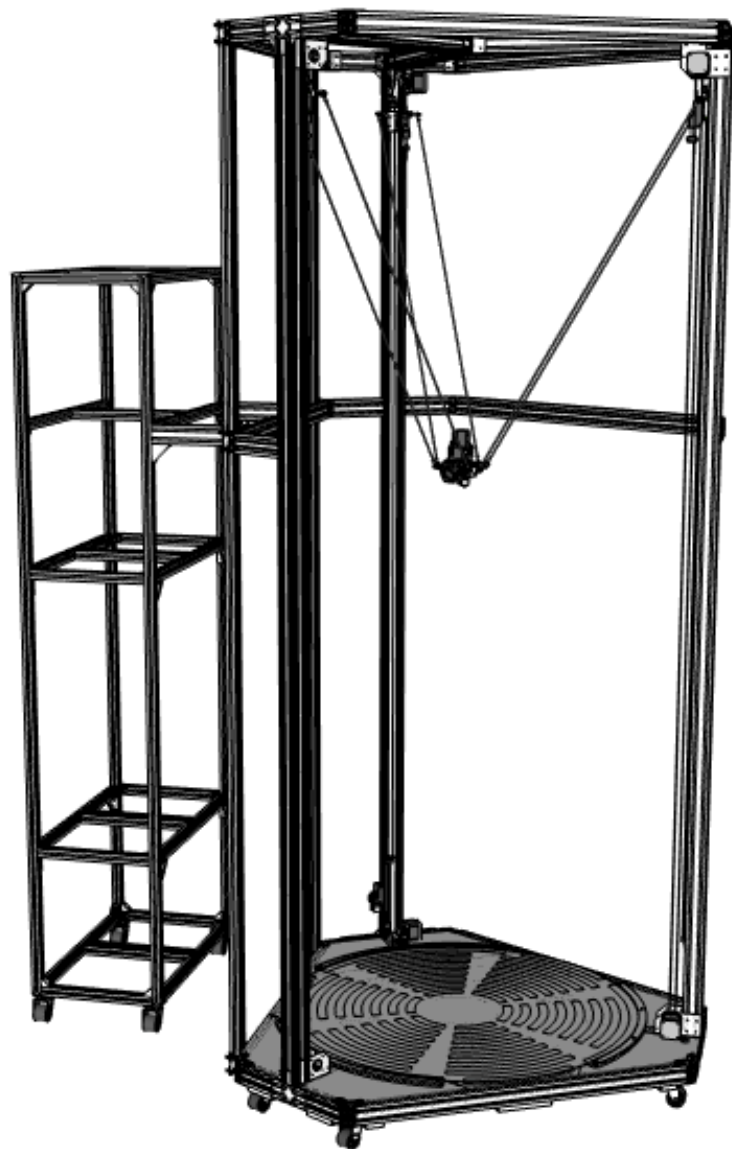


圖 16 3D 繪圖



圖 17 列印底板



圖 18 金屬雷切加工件

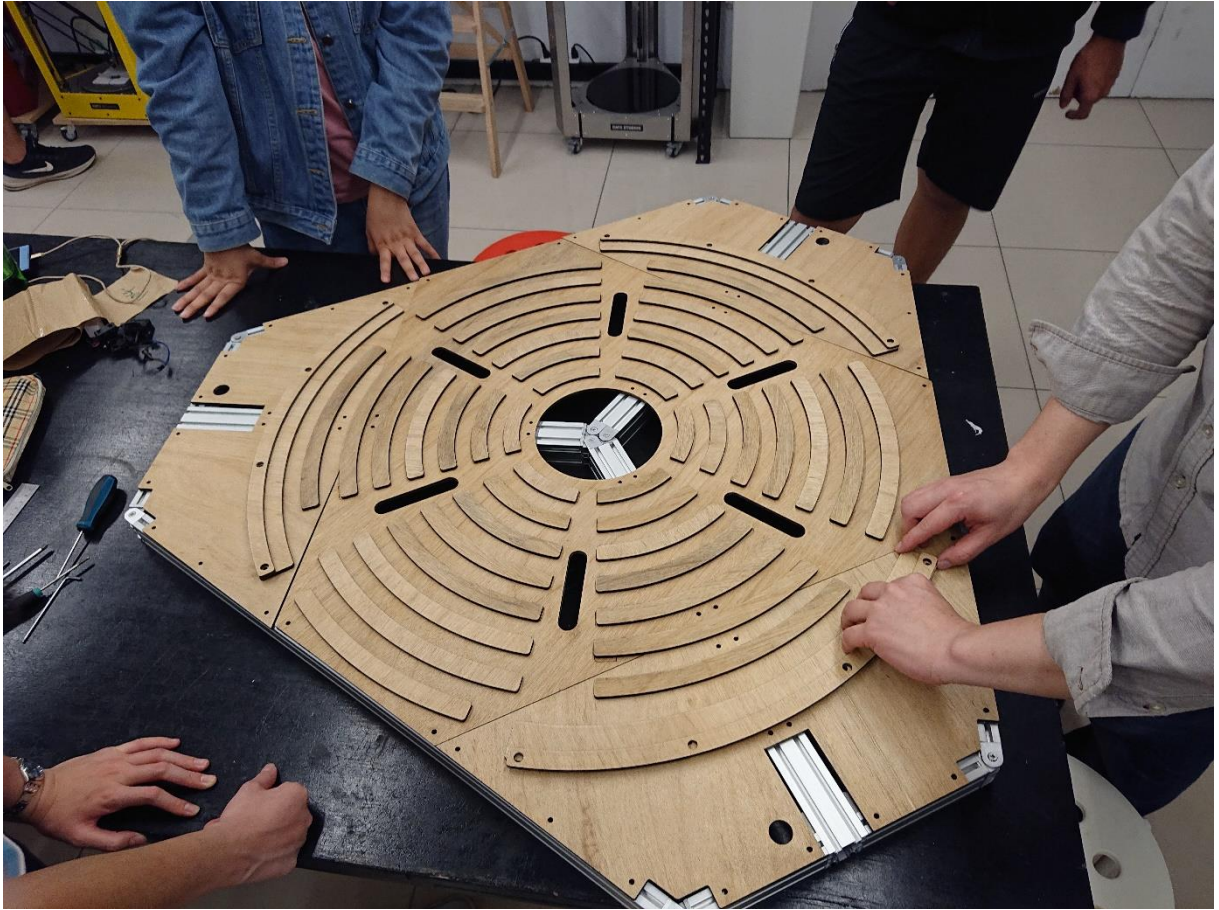


圖 19 支撐底板



圖 20 鋁擠型



圖 21 3D 列印皮帶固定件

(三)測試機台穩定度：剛組裝完成時，一定會有誤差與不穩定之時，所以要經過多次的測試來校正。

3-1 第一次測試印出的成品有一稜邊是波浪型，不是筆直的。

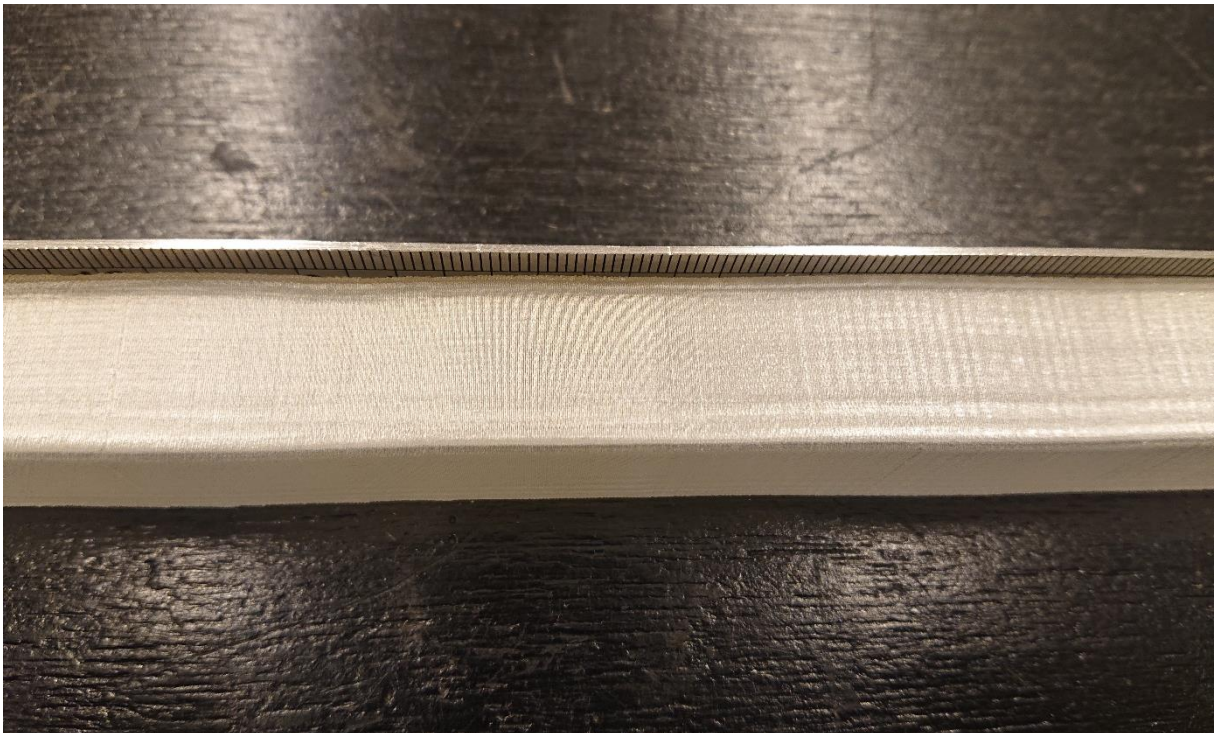


圖 22 第一次校正測試

3-2 在第二次測試中發現稜邊的問題已解決，但稜邊上連接點的顆粒很明顯。



圖 23 第二次校正測試

3-3 第三次測試我們列印出 90 公分高的長方體，從底部算起 75 公分是完好的，沒有第一次和第二次出現的問題。



圖 24 第三次校正測試

3-3-1 在上方 15 公分處出現嚴重的顆粒問題，稜邊的角度是弧形，這部分是列印速度過快造成搖晃，我們會進行調整，讓柱狀體能完美印出。

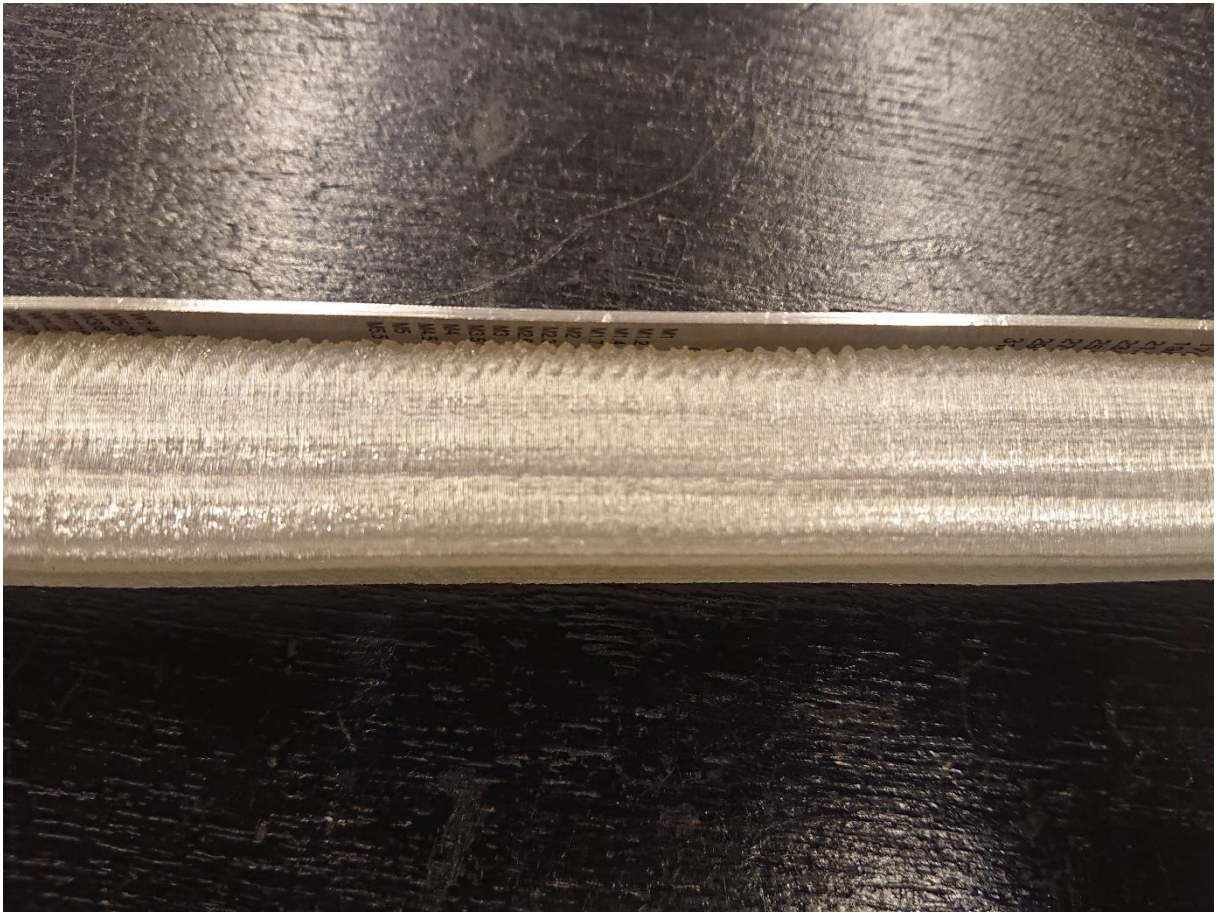


圖 25 第三次校正測試

3-4 使用巨型 3D 列印機印出的巨型貓咪，高度為 65 公分。



圖 26 巨型貓咪(尺為 30 公分)

3-5 巨型 3D 列印機也可以印 3 公分的小機器人，用來測量精準度。

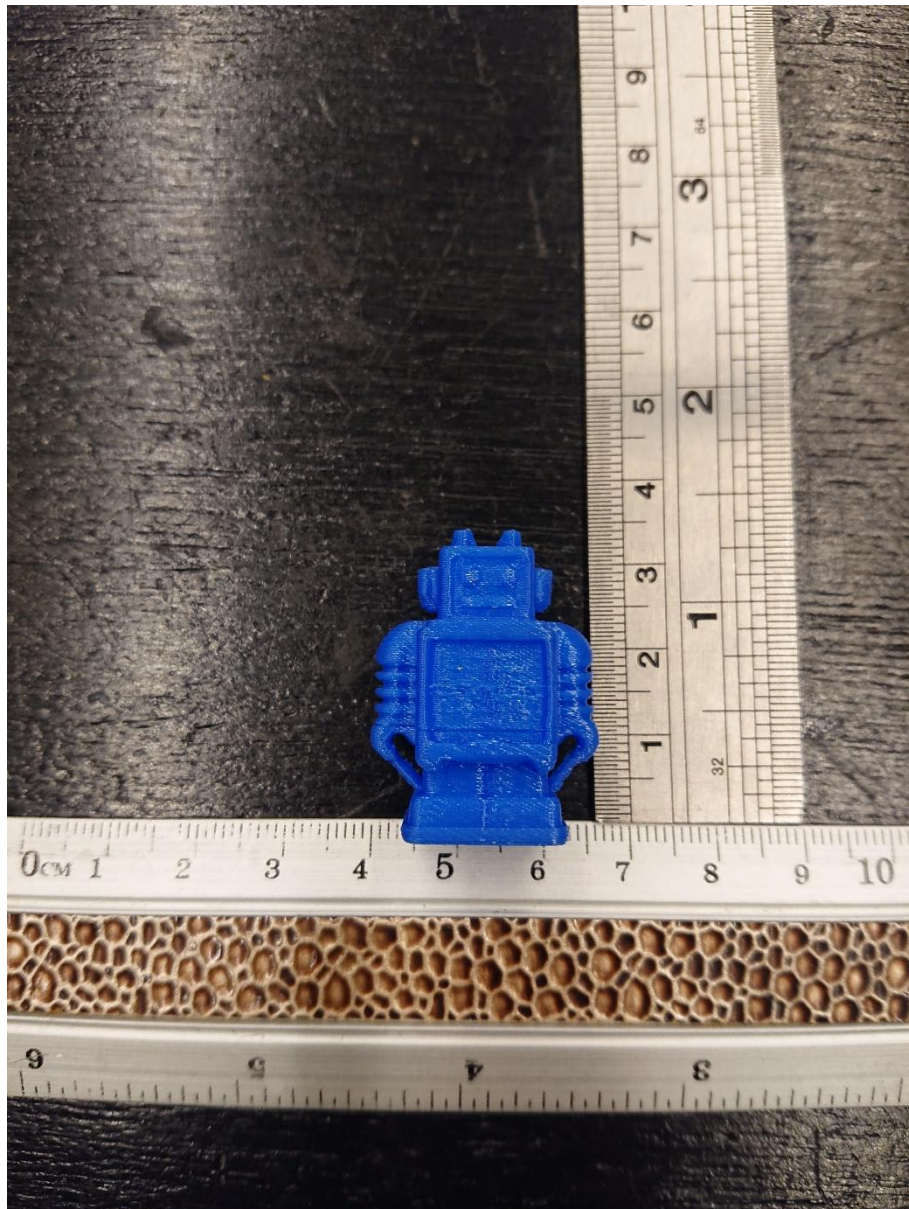


圖 27 迷你機器人

3-6 第四次校正列印成功印出完整長度

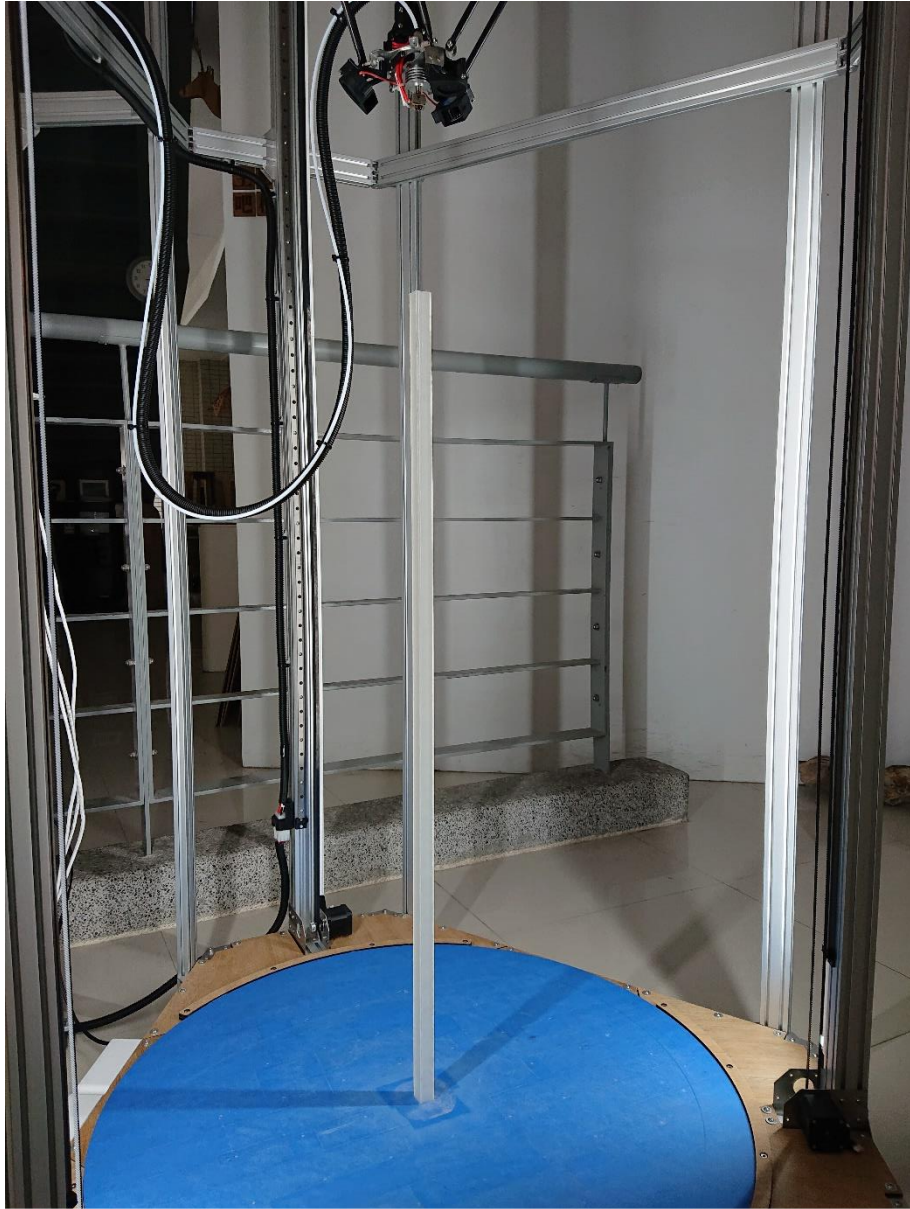


圖 28 第四次校正列印

3-7 測量與圖檔長度的差距



圖 29 第四次校正列印

3-8 第四次列印總長約 99.5 公分



圖 30 第四次校正列印長度

3-9 列印出的成品比一般機台高



圖 31 列印物件與一般機台比較

(四)編寫軟體：剛開始不熟悉開發板子的特性，編寫程式時，可能會遇到問題，經過不斷自我摸索與團體討論來降低錯誤發生。

(五)統整軟硬體：寫好的軟體灌入硬體時不一定會有反應，需要經過不斷自我摸索、團體討論與業師的指導來降低錯誤。

第六章 結論與未來展望

在過去，市面上常看到的 3D 列印機都是列印範圍比較小的，列印大型物件時會因為受限於小範圍，而把物件分割成多塊分批列印，始得成品產生誤差、不堅固、不美觀、耗材的浪費……等問題出現。

所以，為了解決上述問題，我們決定製作巨型 3D 列印機。巨型機台是從無到有由全體組員組裝，所使用的部分零件利用 SketchUp 3D 繪圖再到雷射切割客製而成。

韌體利用 Marlin 開源原始碼進行改寫，並使用 OctoPrint 開源控制器應用程式整合五項功能，包含攝影機監控、溫溼度監測、無線傳輸、斷料監測與耗材重量測量至控制板(Arduino、Raspberry Pi 3)，此外利用 OctoPrint 網頁控制機台，讓使用者無需到機台面前操作，直接透過手機、電腦、平板遠端操控。

此專題的未來發展是非常廣大的，有了 3D 列印機就像擁有了好幾間工廠，無論在食品、衣著、建築、交通、教育等生活日常，3D 列印機都有非常大的發展空間。

本專題為巨型 3D 列印機雛形，希望未來有機會可以看見更為便利且萬用的 3D 列印機，實現 3D 列印機結合日常生活應用並造福社會。

參 考 文 獻

1. roboard, 2014, 3D Printer 韌體原始碼解析心得(以 Marlin 為對象), SlideShare, 1 月 21 日 (網 站 網 址 : <https://www.slideshare.net/roboard/3d-printer-marlin>)
2. GitHub (網 站 網 址 : <https://github.com>)
3. foosel, 2019, Setting up OctoPrint on a Raspberry Pi running Raspbian, octoprint, 9 月 11 日 (網 站 網 址 : <https://community.octoprint.org/t/setting-up-octoprint-on-a-raspberry-pi-running-raspbian/2337>)
4. Ardumotive_com, Raspberry Pi Tutorial: How to Use the DHT-22, instructables circuits (網 站 網 址 : <https://www.instructables.com/id/Raspberry-Pi-Tutorial-How-to-Use-the-DHT-22/>)
5. 周均健、謝瑩霖譯, 梅克·施密特(Maik Schmidt)著, Raspberry Pi 快速上手指南, 2013, 泰電電業出版。
6. 曾吉弘譯, 艾本·厄普頓(Eben Upton)、蓋瑞斯·哈菲克(Gareth Halfacree)著, Raspberry Pi 使用者手冊, 2013, 泰電電業出版。